

Universidad Carlos III De Madrid

Escuela Politécnica Superior

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Laboratorio de Sistemas Inteligentes



**DISEÑO E IMPLANTACION DEL SISTEMA SENSORIAL  
DE UN MICROROBOT (EUROBOT 2009)**

PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL: ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

AUTOR: Diego Cantelar Jiménez

DIRECTOR: José María Armingol Moreno

Madrid, Julio de 2009





## **AGRADECIMIENTOS**

Son muchas personas a las que tengo que dar las gracias, sin ninguno de ellos hubiese sido posible la realización de este proyecto.

Empezar por mi tutor José María Armingol Moreno, por brindarme la posibilidad de participar en este proyecto. Gracias a él, he podido poner en práctica la gran mayoría de mis conocimientos teóricos, así como despertar en mi un gran interés por la robótica.

Gracias a los técnicos de laboratorios Jose, Fernando y especialmente a Guille, por su enorme paciencia y por ayudarnos con todo lo que estaba en sus manos.

Agradecer también a todos los eurobotistas de años anteriores sus consejos y apoyo durante todo el año.

Dar especialmente las gracias a mis compañeros del LSI, Laura, Viky, Alberto y Estrella. Gracias por todos este tiempo, aunque haya habido momentos de estrés y desesperación, los buenos momentos y las risas en el laboratorio es lo que quedará siempre. “Paco, Paco, Paco”.

Dar una mención especial a mi familia, por apoyarme durante todos los años de la carrera, y especialmente este año que tan poco tiempo he pasado en casa.

Gracias también a mis amigos, por aguantar mis frikadas desde que me conocen y por escucharme hablar de “Iron Paco” en cada momento que les veía.

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE.....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCION Y OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
1.1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	12
1.3. DESGLOSE DE LA MEMORIA.....	13
 <b>CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE.....</b>	 <b>15</b>
2.1. ANTECEDENTES HISTORICOS.....	17
2.2. ROBÓTICA ACTUAL.....	21
2.3. CLASIFICACIÓN DE LOS ROBOTS.....	28
2.4. MICROROBÓTICA.....	31
2.5. EUROBOT.....	32
 <b>CAPÍTULO 3: PROBLEMA Y SOLUCIÓN.....</b>	 <b>42</b>
3.1. ELEMENTOS DEL JUEGO.....	43
3.1.1. Área de juego.....	44
3.2. PUNTUACIÓN.....	48
3.3. DIMENSIONES DEL ROBOT.....	50
3.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	51
3.5. SOLUCION ALCANZADA.....	52
3.5.1. Arquitectura del robot .....	52
3.5.2. Estructura.....	53
3.5.3. Sistema de control.....	53



---

<b>CAPÍTULO 4: SISTEMA MECÁNICO Y SISTEMA DE ACCIONAMIENTO.....</b>	<b>55</b>
4.1. SISTEMA MECÁNICO.....	56
4.1.1. Palas delanteras de recogida.....	56
4.1.2. Rampa para elevar las piezas.....	57
4.1.3. Cinta de transporte.....	57
4.1.4. Bandeja de construcción.....	58
4.1.5. Barrera de seguridad.....	60
4.1.6. Palas para la colocación de las piezas.....	60
4.1.7. Plataforma para la sujeción del dintel.....	61
4.1.8 Chasis.....	61
4.2 SISTEMA DE ACCIONAMIENTO.....	62
4.2.1 Servomotor.....	62
4.2.2 Motor de corriente continua con reductora.....	65
4.2.3. Secuencia recogida de las piezas del dispensador.....	66
 <b>CAPÍTULO 5: SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y SISTEMA LOCOMOTOR.....</b>	 <b>72</b>
5.1. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.....	72
5.1.1. Etapa de potencia.....	73
5.2 SISTEMA LOCOMOTOR.....	74
5.2.1. Ruedas.....	74
5.3 MOTORES .....	75
 <b>CAPÍTULO 6: SISTEMA SENSORIAL .....</b>	 <b>78</b>
6.1 SENSORES DE ALCANCE.....	78
6.1.1. Sensor GP2D12.....	81
6.1.2. Sensor GP2D120.....	88
6.2 SENSORES FIN DE CARRERA.....	91
6.3 ENCODER .....	93



---

6.4. RATONES ÓPTICOS.....	95
<b>CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y MEJORAS .....</b>	<b>96</b>
7.1. CONCLUSIONES.....	96
7.2. MEJORAS.....	97
<b>CAPÍTULO 8: PRESUPUESTO.....</b>	<b>98</b>
8.1. COSTES DE MATERIAL.....	98
8.2. COSTES DE PERSONAL.....	101
8.3. PRESUPUESTO FINAL.....	102
<b>CAPÍTULO 9: BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>103</b>
9.1. RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS.....	103
9.2. RECURSOS ELECTRÓNICOS.....	104
<b>ANEXOS.....</b>	<b>106</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2.1: Ejemplos de Ordenadores personales. ....</i>	16
<i>Figura 2.2: Gallo de Estrasburgo.....</i>	19
<i>Figura 2.3: Autómata de Leonardo Da Vinci. ....</i>	20
<i>Figura 2.4: “El dibujante”, “La pianista” y “El escritor” de Jaquet-Droz.....</i>	21
<i>Figura 2.5: Telar Jacquard. ....</i>	22
<i>Figura 2.6: Robot que aparece en la adaptación checa de 1930 y portada de una edición actual de la obra de Karel Capek Rossum's Universal Robots.....</i>	23
<i>Figura 2.7: Isaac Asimov. ....</i>	24
<i>Figura 2.8: Robot industrial. ....</i>	25
<i>Figura 2.9: un robot usado por TEDAX. ....</i>	26
<i>Figura 2.10: Robot quirúrgico Da Vinci de Intuitive Surgical. ....</i>	26
<i>Figura 2.11: Robot ASIMO. ....</i>	27
<i>Figura 2.12: Tipos de robot según su arquitectura.....</i>	31
<i>Figura 2.13: Logotipo de Eurobot.....</i>	34
<i>Figura 2.14: Eurobot 1998. Fútbol. ....</i>	35
<i>Figura 2.15: Eurobot 1999. Ataque al castillo. ....</i>	36
<i>Figura 2.16: Eurobot 2000. Parque de atracciones. ....</i>	36
<i>Figura 2.17: Eurobot 2001. Odisea en el espacio. ....</i>	37
<i>Figura 2.18: Eurobot 2002. Billar aéreo.....</i>	38
<i>Figura 2.19: Eurobot 2003. Cara o Cruz. ....</i>	38
<i>Figura 2.20: Eurobot 2004. Rugby de cocos.....</i>	39

<i>Figura 2.21: Eurobot 2005 Juego de bolos.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 2.22: Eurobot 2006 Golf divertido.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 2.23: Eurobot 2007 Rally de reciclado. ....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 2.24: Eurobot 2008 Misión a Marte. ....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 3.1: Eurobot 2009. Templos de la Atlántida.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 3.2: Áreas de construcción. ....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 3.3: Dispensador vertical. ....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 3.4: Almacenadores de dinteles. ....</i>	<i>47</i>
<i>figura 3.5: Distribución de las fichas en el tablero de juego.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 3.6: Ejemplo de construcción. ....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 3.7: Perímetro máximo del robot. ....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 3.8: Altura máxima del robot.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 4.1: Palas delanteras de recogida. ....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 4.2: Rampa para elevar las piezas. ....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 4.3: Cinta transportadora. ....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 4.4: Bandeja de construcción. ....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 4.5: Bandeja de construcción con fichas colocadas. ....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 4.6: Barrera de seguridad. ....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 4.7: Palas para la colocación de piezas. ....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 4.8: Plataforma para el dintel y mecanismo para su funcionamiento.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 4.9: Estructura del robot. ....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 4.10: Servomotor Futaba S3003 Standard. ....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 4.11: Motor corriente continua. ....</i>	<i>66</i>

<i>Figura 4.12: Comienzo recogida dispensador.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 4.13: Avance pala derecha. ....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 4.14: Avance pala izquierda.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 4.15: Caída primera ficha. ....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 4.16: Primera ficha colocada. ....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 4.17: Segunda ficha colocada. ....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 4.18: Tercera ficha colocada. ....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 4.19: Cuarta ficha colocada. ....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 4.20: Templo construido. ....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 5.1: Batería. ....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 5.2: Placas de potencia. ....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 5.3. Rueda y casquillo.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 5.4: Ruedas locas. ....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 5.5: Motor Bernio.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 6.1: Esquema de conexiones del sensor GP2D12. ....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 6.2: Placa de acondicionamiento de sensor simple. ....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 6.3: Placa de acondicionamiento de sensor múltiple. ....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 6.4: Método de triangulación de los sensores infrarrojos. ....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 6.5: Sensor GP2D12. ....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 6.6: Conexionado GP2D12.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 6.7: Curva de respuesta del sensor GP2D12. ....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 6.8: Sensores delanteros de detección del contrario. ....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 6.9: Sensores traseros de detección al contrario.....</i>	<i>85</i>



---

<i>Figura 6.10: Sensores buscadores de centro.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 6.11: Sensores detectores de fichas. ....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 6.12: Sensor detector de pared frontal.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 6.13: Sensores de paredes laterales. ....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 6.14: Curva de respuesta del sensor GP2D120.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 6.15: Sensor de detección de construcciones. ....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 6.16: Sensor contador de fichas.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 6.17: Sensor detector de fichas. ....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 6.18: Bumper.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 6.19: Sensor detector de dispensador.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 6.20: Sensor detector de la bandeja de construcción. ....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 6.21: Encoder Bernio EB50. ....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 6.22: Esquema eléctrico del encoder Bernio EB50. ....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 6.23: Ratón Óptico adaptado para el microrobot.....</i>	<i>95</i>

---

## CAPÍTULO 1

# INTRODUCCIÓN

---

### 1.1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto se comenzó cuando un grupo de personas de diferentes titulaciones de la universidad Carlos III se propuso construir un robot que cumpliera las especificaciones necesarias para participar en el concurso Eurobot 2009.

Eurobot es una competición internacional de robots autónomos que engloba unas pruebas clasificatorias nacionales celebradas en cada país y una competición final internacional en la que participan equipos de mas de 20 países, en su mayor parte europeos. La sede de la fase final es distinta cada año, siendo siempre en Europa. Este año la ciudad de La Ferté-Bernard (Francia) ha sido elegida para albergar la edición de este año.

La copa de España, clasificatoria para la prueba internacional, se celebra en la Universidad de Alcalá de Henares, logrando el pase los dos primeros clasificados y un tercer equipo elegido por un jurado.

La prueba varía cada año, haciendo así un concurso muy dinámico donde los robots deben evolucionar para adaptarse cada año a las nuevas condiciones de la competición.

Este año el concurso se denomina “Templos de la Atlántida”. Consiste en construir una serie de construcciones, ya sean columnas o templos, con piezas distribuidas por el terreno de juego. Los partidos duran 90 segundos y compiten de forma simultánea dos robots.

Para la presente edición se ha formado un grupo de trabajo compuesto por alumnos en su último año de carrera. Una vez formado el equipo se decidió, después de plantearnos el problema y sus soluciones, la estrategia a seguir y el equipo comenzó a trabajar.

El presente documento describe la realización de parte de este proyecto conjunto, centrándose en el sistema sensorial del mismo.

## **1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

El objetivo del proyecto conjunto es diseñar y construir un robot móvil autónomo de pequeño tamaño, capaz de moverse por el terreno de juego. Así mismo, el robot dispone de un sistema sensorial para evitar colisionar con el robot del equipo contrario y además realizar las tareas para las que ha sido diseñado según las reglas del concurso.

Al ser un proyecto muy amplio, éste se dividió en varios proyectos fin de carrera. Aunque algunos puntos son comunes para todos los miembros del equipo, se ha tratado de diferenciar y repartir cada uno de los miembros del robot.

El objetivo final fue poner en común todos los elementos del proyecto conjunto y su presentación al certamen nacional (Copa de España 2009 en Alcalá de Henares, Madrid) y su posterior presentación al certamen europeo (EUROBOT 2009 en La Ferté-Bernard, Francia).

### **1.3. DESGLOSE DE LA MEMORIA**

La presente memoria esta dividida en varios capítulos, los cuales se describen brevemente a continuación.

#### **Estado del arte**

Este proyecto está íntimamente ligado al mundo de la robótica, por lo que es conveniente hacer una breve introducción a este amplio mundo y a sus aplicaciones en todos sus niveles: en el ámbito práctico y funcional, en el entorno industrial, a nivel de investigación, de desarrollo de nuevas aplicaciones, a nivel lúdico y como pasatiempo. Un ejemplo muy claro de las aplicaciones lúdicas es, sin lugar a dudas, los concursos, foros, reuniones y certámenes de microrobots.

Se realiza en este tema una presentación de la microrobótica y se habla sobre los microrobots, en general, y sobre el concurso Eurobot, en particular. Se explican de forma breve, pero concisa, los fundamentos teóricos, los conceptos y las aplicaciones prácticas en las que se basa la microrobótica.

#### **El problema y la solución**

Se describe el problema que plantea el recoger las fichas y elevarlas para construir torres y se analizan las posibles soluciones. Siguiendo la normativa del concurso, se explica la solución adoptada, considerando la mas optima aquella que permite mantener un equilibrio entre la economía y la eficiencia.

#### **Sistema mecánico y Sistema de accionamiento**

En este capítulo se hace una descripción de los elementos que permiten una serie de movimientos dentro del microrobot, tales como la recogida de las fichas o como se colocan estas en el área de construcción.

También se detallan los sistemas de accionamiento empleados y se justifica el motivo de la elección tanto de los materiales como de los actuadores.

### **Sistema de alimentación y Sistema de tracción**

En este capítulo se detalla la elección de las baterías, el diseño de unas placas de potencia que adapten la alimentación proporcionada por las baterías a los valores adecuados requeridos por los diferentes elementos del robot.

Se describe también los componentes del sistema de tracción, es decir los motores y las ruedas y el por qué de la elección de cada uno.

### **Sistema sensorial**

Se analiza con detalle el sistema sensorial desarrollado para el control del robot, así como la electrónica necesaria para el correcto acondicionamiento de la señal.

### **Conclusiones y mejoras**

Se detallan las conclusiones obtenidas tras la realización del proyecto y se exponen una serie de mejoras para el robot construido.

### **Presupuesto**

En este capítulo se calculan los costes del diseño y la construcción del microrobot en este proyecto.

### **Bibliografía**

Se detallan los diferentes recursos bibliográficos y electrónicos utilizados para la realización de este proyecto.

### **Anexos**

Se detallan otras informaciones relevantes a la hora de comprender este proyecto en su totalidad.

---

## CAPÍTULO 2

# ESTADO DEL ARTE

---

El ser humano en su evolución se ha servido de herramientas más o menos complejas que le ayudasen a realizar diferentes tareas sirviéndose de los conocimientos que en cada época se tiene de los diferentes aspectos de la ciencia y sus múltiples disciplinas.

Con el desarrollo de diferentes ramas de la ciencia y tecnología como son la electrónica, la mecánica y la informática junto con la humana necesidad de realizar trabajos repetitivos, peligrosos, duros, de forma ininterrumpida ha hecho que el hombre haya diseñado maquinas que les liberen de dichas tareas.

Estos ingenios mecánicos o **robots** han dado lugar a una rama de la ciencia que es la **robótica**.

Según la Real Academia Española, la **Robótica** es: *“La Técnica que aplica la informática al diseño y empleo de aparatos que, en sustitución de personas, realizan operaciones o trabajos, por lo general en instalaciones industriales.”*

Actualmente casi todos saben o intuyen que es un robot, es frecuente encontrar una máquina que realiza un trabajo o tarea que facilita o sustituye las labores que antes

realizaban una persona. En una época en evolución permanente se necesitan cada vez mas a estas maquinas que ayuden a avanzar hacia unos objetivos difícilmente alcanzables sin su colaboración en unos casos y sin su trabajo en otros. Son capaces de adaptarse y realizar trabajos de todo tipo, peligrosos, en situaciones adversas, de gran esfuerzo, físico, de precisión, repetitivos, etc.

La pujanza de diversas ramas de nuestra sociedad como la industria (a la que se debe el gran impulso de la robótica), la electrónica, la medicina, investigación, vigilancia, usos domésticos, militares, etc. se fundamentan en gran medida en el uso de robots y su desarrollo

La robótica se sirve de las matemáticas, informática, electrónica, mecánica, inteligencia artificial y de los nuevos materiales. Las ultimas generaciones de estas ramas ha provocado la disminución de los costes de producción y del tamaño de los componentes de forma notoria. Y todo esto ha sido el caldo de cultivo para la proliferación de robots.

El ciudadano de hoy que ha vivido en los últimos años unos avances técnicos en constante evolución. Un elemento que sin duda es el más relevante de esta época es el ordenador.



*Figura 2.1: Ejemplos de Ordenadores personales*

Sin embargo el robot industrial que se conoce y emplea en nuestros días no surge como consecuencia de la imitación del ser humano sino mas bien de la necesidad.  
[18]

La necesidad provoca la primera revolución industrial con la invención de la maquina de Watt y también en la actualidad ha echo que haya multitud de ordenadores todos los ámbitos de la sociedad.

La constante necesidad de aumentar la productividad mejorar la calidad ha hecho que la automatización rígida de los primeros años del siglo XX destinada a la fabricación de grandes cantidades del mismo producto haya quedado anticuada y ha dado paso a las necesidades de hoy que se necesitan los productos en menos cantidad y adaptados a los gustos y costumbres de los diferentes grupos de usuarios y consumidores.

En este capítulo se indicará historia y evolución de la robótica desde sus principios autómatas hasta el panorama actual, con especial atención a la microrrobótica, ámbito donde se encuadra este proyecto.

## 2.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

### *Autómata.*

*(Del lat. automāta, t. f. de -tus, y este del gr. αυτοματος, espontáneo).*

- 1. m. Instrumento o aparato que encierra dentro de si el mecanismo que le imprime determinados movimientos.*
- 2. m. Maquina que imita la figura y los movimientos de un ser animado.*
- 3. m. coloq. Persona estúpida o excesivamente débil, que se deja dirigir por otra.*

*Diccionario de la R.A.E. [10]*

En el Antiguo Egipto se tienen datos del uso de estatuas de algunos de sus dioses con ciertas propiedades mecánicas para infundir admiración, temor y respeto en el



pueblo. Estas propiedades iban desde despedir fuego por los ojos hasta equipar a la estatua con unos brazos mecánicos manipulados por los sacerdotes del templo.

Posteriormente los griegos avanzaron en esta idea y diseñaron estatuas cuyo movimiento era proporcionado por mecanismos hidráulicos mas complejos.

Heron de Alejandría (10 dC – 70 dC), matemático y científico griego, dejó escritos en los que se mencionaba a muchos de estos dispositivos en su tratado “El autómeta”, en el que se describe la creación de mecanismos de esta época que imitaban el algunos movimientos, como pájaros que volaban y bebían, estatuas que servían vino y puertas automáticas; cuyo funcionamiento se basaba en mecanismos accionados por el agua, la gravedad o por sistemas de palancas.

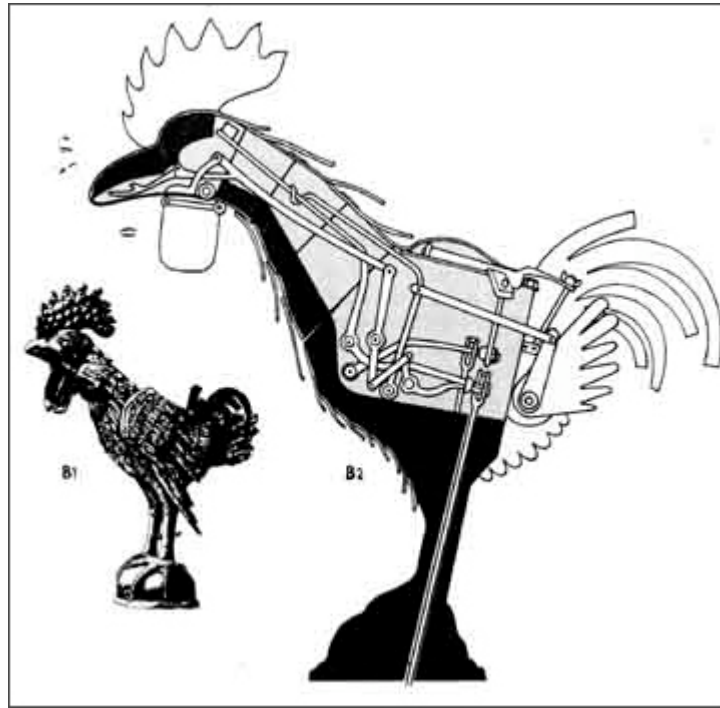
Los árabes orientaron este tipo de mecanismos hacia aplicaciones mas prácticas y cotidianas entre estas se pueden mencionar el desarrollo de sistemas que proporcionaban agua en jardines, palacios y mansiones de los dirigentes, que eran usados diariamente tanto para beber como para lavarse.

Al-Jazari (1260), uno de los grandes ingenieros de su época, inventor del cigüeñal y de los primeros relojes mecánicos movidos por pesos y agua, escribió “El libro del conocimiento de los ingeniosos mecanismos”, considerada una de las obras más importantes sobre historia de la tecnología. [15]

De esa misma época es el “Hombre de Hierro” fabricado por Alberto Magno (1206–1280). La historia cuenta que era un especie de mayordomo de hierro, cristal y cuero capaz de andar, abrir la puerta y saludar a los visitantes, aunque por desgracia las referencias que han llegado a nuestros tiempos no están suficientemente documentadas.

También habría que resaltar el Gallo de Estrasburgo (1352), el autómeta más antiguo que se conserva en la actualidad. Este gallo formaba parte del reloj de la torre

de la catedral de Estrasburgo y al dar la hora movía las alas y el pico. Funcionó desde 1352 hasta 1789. [22]

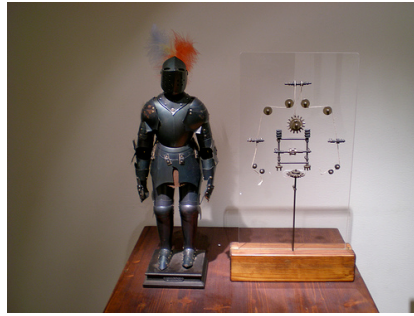


*Figura 2.2: Gallo de Estrasburgo*

En el Renacimiento, inventores de renombre como Leonardo Da Vinci (1452-1519) también se interesaron por esta rama de la ciencia y desarrollaron sus propios autómatas.

Se sabe que Da Vinci creó entre otros, dos autómatas. El primero de ellos fue creado a partir de una armadura medieval, aunque no se sabe si alguna vez se llegó a construir. Del análisis y estudio de los esquemas y escritos que se tienen se puede deducir que este autómata podría mover los brazos, girar la cabeza y sentarse.

El segundo, echo para el rey Luis XII de Francia, era un león mecánico que por la acción de varios mecanismos se movía caminando y con una de sus garras se abría el pecho y mostraba el escudo de armas del rey. [22]



*Figura 2.3: Autómata de Leonardo Da Vinci*

En España, Juanelo Turriano (1501-1585) construyó un autómata de madera conocido como “El hombre de palo” para el emperador Carlos V. Este autómata era capaz de andar además de mover la cabeza, los ojos, la boca y los brazos. Cuenta la leyenda que este ingenio recorría las calles de Toledo pidiendo limosna para su inventor haciendo una reverencia cuando la conseguía. La época de máximo esplendor en el desarrollo de autómatas tuvo lugar a lo largo del siglo XVIII, en el cual, varios relojeros aprovecharon sus conocimientos para la construcción de autómatas cuyo destino era reproducir lo más fielmente posible los movimientos y comportamientos de los seres vivos.

Jacques de Vaucanson (1709-1782) quería demostrar a través de sus autómatas funciones básicas del organismo, tales como la respiración, la circulación y la digestión. Sus autómatas más famosos son “El flautista”, “El tamborilero” y “El pato con aparato digestivo”, el cual era capaz de batir las alas, comer y realizar completamente la digestión. [11]

También hay que destacar el trabajo de Pierre Jaquet-Droz (1721-1790), considerado el mejor creador de autómatas de la historia. Sus obras más famosas son “La pianista”, “El dibujante” y “El escritor”, el más complejo de todos, que era capaz de escribir textos de unas cuarenta palabras de longitud utilizando una pluma. Estos textos eran previamente programados utilizando un mecanismo interno donde se seleccionaban los caracteres uno a uno.

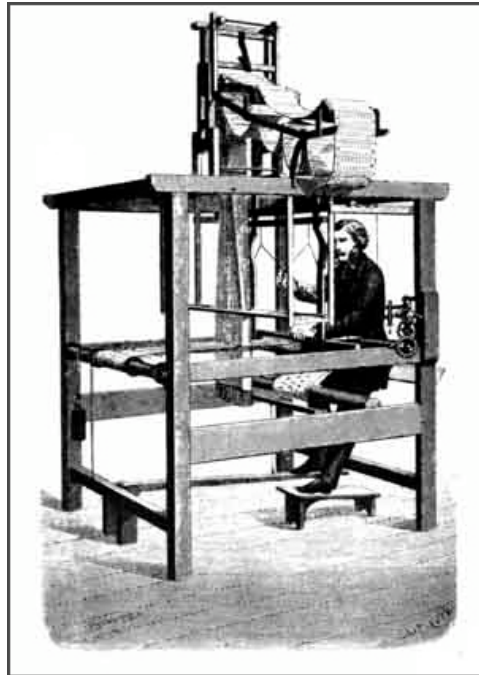


*Figura 2.4: “El dibujante”, “La pianista” y “El escritor” de Jaquet-Droz.*

Pero hasta la revolución industrial no se puede considerar el verdadero comienzo y desarrollo que de forma continua y exponencial tiene la robótica alimentada por la necesidad de producir más y mejor, ahorrar costes y ser capaces de realizar tareas de forma ininterrumpida.

## **2.2 ROBÓTICA ACTUAL**

Se puede suponer que Joseph Marie Jacquard (1752-1834) revolucionó la industria textil al inventar un telar mecánico programable. Este ingenio permitía al más inexperto tejedor elaborar complicados diseños previamente programados mediante un sistema de tarjetas perforadas.



*Figuran 2.5: Telar Jacquard*

Posteriormente George Devol pionero de la Robótica Industrial creó y patentó en 1948 un manipulador programable, una máquina flexible y de manejo sencillo.

También en 1948 R.C.Goertz del Argonne National Laboratory desarrolló, con el objeto de manipular elementos radioactivos sin riesgo para el operador, el primer telemanipulador que consistía en un dispositivo mecánico del tipo maestro-esclavo. El manipulador maestro, reproducía fielmente los movimientos del operador, el cual observaba a través de un cristal el resultado de las acciones, y sentía las fuerzas que el dispositivo esclavo ejercía sobre el entorno.

Un año después Goertz aprovechó la tecnología electrónica y los servocontroles sustituyendo la transmisión mecánica y desarrollando un telemanipulador con servocontrol bilateral

Otro pionero en la telemanipulación fue Ralph Moser, que trabajaba para la General Electric que en 1958 creó un dispositivo llamado “Handy-Man”

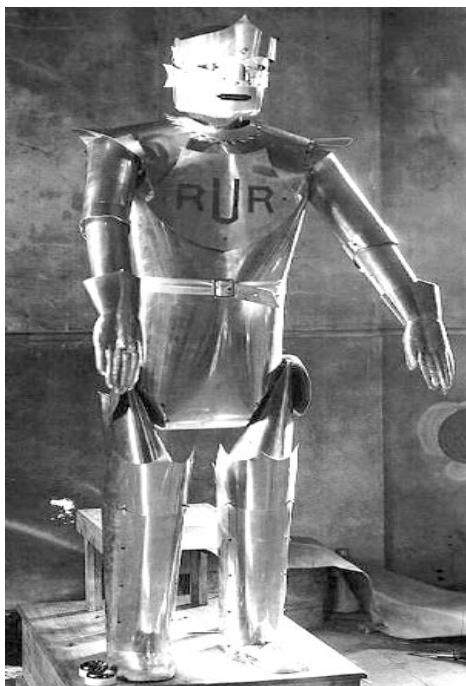
La palabra Robot proviene de la palabra checa “robota” que el escritor Karel Capek utilizó para referirse a unas maquinas con forma humanoide en su obra “Rossum’s Universal Robot” (R.U.R) que representó en el Teatro Nacional de Praga.

*(Del ingl. robot, y este del checo robota, trabajo, prestación personal).*

*1. m. Maquina o ingenio electrónico programable, capaz de manipular objetos y realizar operaciones antes reservadas solo a las personas.*

*Diccionario de la R.A.E. [10]*

Karel Capek (1890-1938), en su obra de teatro *Rossum’s Universal Robots*, mencionó el término “robot”. En dicha obra se narra la historia de un científico que pretende liberar a la humanidad del trabajo físico a través de la invención de unos humanos artificiales que se encargarían de realizarlo. Al final de la obra estos robots se revelarán destruyendo toda vida humana.



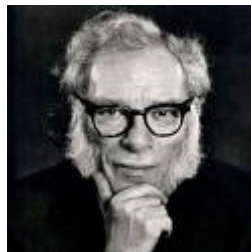
*Figura 2.6: Robot que aparece en la adaptación checa de 1930 y portada de una edición actual de la obra de Karel Capek Rossum's Universal Robots.*



Posteriormente otros escritores fueron dando forma a este termino pero el que mas notoriedad ha alcanzado por su popularidad y difusión de sus obras de ciencia ficción es Isaac Asimov (1920-1992) que, popularizó la “robótica” enunciándola como la disciplina científica encargada de construir y programar robots.

También promulgó las “Tres leyes de la robótica”, una serie de reglas morales que deben cumplir los robots. Aparecidas por primera vez en el relato *Runaround* (1942) Estas leyes de la robótica son las siguientes:

1. *Un robot no debe dañar a un ser humano o, por su inacción, dejar que un ser humano sufra daño.*
2. *Un robot debe obedecer las órdenes que le son dadas por un ser humano, excepto si estas órdenes entran en conflicto con la Primera Ley.*
3. *Un robot debe proteger su propia existencia, hasta donde esta protección no entre en conflicto con la Primera o la Segunda Ley.*



*Figura 2.7: Isaac Asimov*

En la actualidad, los robots son usados para realizar desde tareas peligrosas y difíciles hasta operaciones repetitivas y aburridas que harían descender el rendimiento de cualquier humano.

El mayor campo de operaciones de la robótica actual es el sector industrial, ya que hoy en día cualquier fábrica que quiera ser competitiva ha de estar automatizada.

La industria del automóvil es una de las que más robots emplea en sus cadenas de montaje, en ellas, estos ingenios se encargan de reemplazar a los humanos en tareas repetitivas tales como soldadura, manipulación y pintura, elevando el nivel de productividad de la planta y minimizando riesgos para los trabajadores.

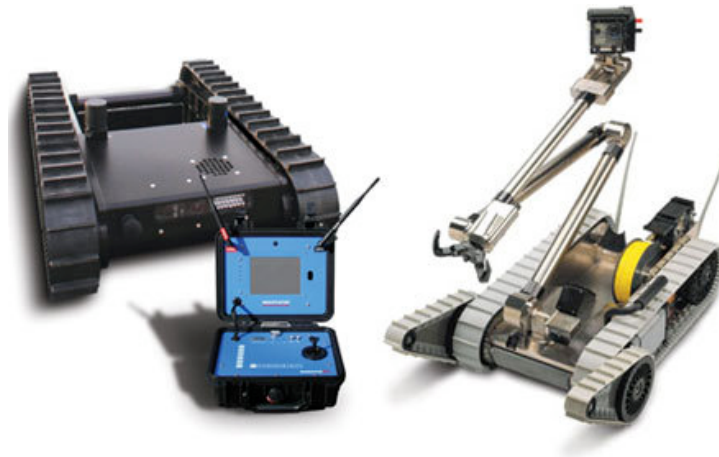


*Figura 2.8: Robot industrial*

Pero no solo de la industria vive la robótica, ya que el uso de robots se ha extendido a otros campos con mucho éxito: limpieza de residuos tóxicos, exploración espacial y marina, minería, búsqueda y rescate de personas, localización de minas terrestres, actividades peligrosas, etc...

Un ejemplo del uso de robots en tareas peligrosas puede ser es el trabajo realizado en los TEDAX (técnicos especialistas en desactivación de artefactos explosivos). Los modelos utilizados en este cuerpo de seguridad son robots teleoperados, es decir, están guiados a control remoto por un operador destinado a ello. Dichos modelos están dotados de diferentes mecanismos sensores que proporcionan información al operador, gracias a la cual es capaz de manipular objetos con gran precisión a una distancia que garantiza la seguridad del operador. [14]





*Figura 2.9: Un robot usado por TEDAX*

En los últimos años se ha logrado un gran avance en los robots dedicados a la medicina, diseñando robots que son utilizados en procedimientos de cirugía invasiva mínima.

La compañía Intuitive Surgical es la desarrolladora del robot quirúrgico *Da Vinci*, uno de los más avanzados en su campo. Este robot cuenta con cuatro brazos articulados, cada uno de ellos dotado de diferente instrumental y cámaras, que permiten al cirujano realizar intervenciones quirúrgicas de gran precisión minimizando los riesgos para el paciente.

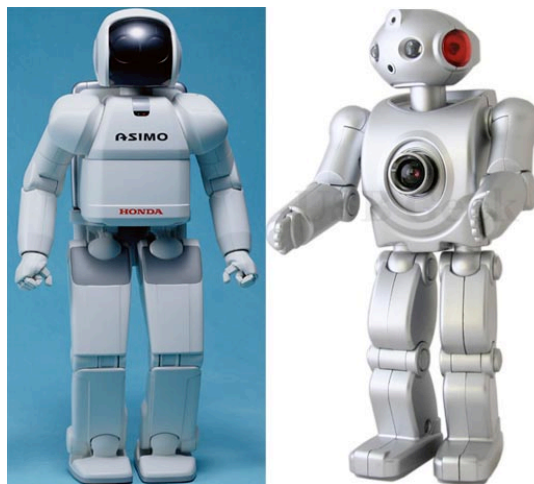


*Figura 2.10: Robot quirúrgico Da Vinci de Intuitive Surgical*

Por último habría que destacar desarrollo de robots humanoides por parte de la compañía Honda desde 1986, que ha llegado a su punto álgido con el diseño de su modelo ASIMO, considerado el robot humanoide más avanzado del mundo. [16]

ASIMO es un robot humanoide autónomo dotado de diversos sistemas sensores destinados a la recogida de información del entorno para reaccionar de la manera adecuada en todo momento.

Su sistema locomotor está tan perfeccionado que es capaz de bailar, estrechar la mano de su interlocutor, subir y bajar escaleras, chutar balones y hasta transportar objetos, como bandejas, y dejarlos sobre una determinada superficie.



*Figura 2.11: Robot ASIMO.*

Algunas tecnologías desarrolladas por Honda para el robot ASIMO están siendo utilizadas para la creación de nuevos ingenios que hagan la vida más fácil a los seres humanos. Un par de ejemplos son el exoesqueleto creado por Honda para ayudar a caminar a personas de movilidad reducida y el traje-robot diseñado por la Universidad de Agricultura y Tecnología de Tokio ideado para ayudar a levantar peso a los granjeros, reduciendo el esfuerzo sobre las articulaciones y la espalda en un 50%.

Quizás en un futuro próximo, gracias a la tecnología que se esta desarrollando hoy en día, todos podamos disponer de algún tipo de traje-robot que nos ayude en nuestra vida diaria. [17]

## **2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS ROBOTS**

En el mundo de la robótica existe una gran variedad de ingenios y dispositivos muy diferentes entre si. Para diferenciar y clasificar los distintos tipos de robots se han realizado una serie de clasificaciones, las más comunes son las que a continuación expondré. [6] [18]

Desde el punto de vista histórico la robótica se puede dividir en generaciones.

### **Primera generación**

A esta generación pertenecen los primeros autómatas, que se caracterizan por la repetición de la tarea programada de manera secuencial, sin tener en cuenta las posibles alteraciones en el entorno.

### **Segunda generación**

Los robots pertenecientes a esta generación también son los llamados robots adaptativos. Estos robots están dotados de sistemas sensores que recogen información del entorno para actuar en consecuencia.

### **Tercera generación**

Esta generación esta formada por los robots con inteligencia artificial. Estos robots están dotados de procesadores con una gran capacidad de cálculo, lo que les permite utilizar de forma muy eficiente la información obtenida a través de sus sensores para adaptarse al entorno y elaborar sus propios planes de acción. Hay que destacar que además poseen un sistema de aprendizaje que les permite superar situaciones imprevistas.

Otro punto de vista de los distintos robots es el ofrecido por T. M Knasel en su análisis generacional de la robótica publicado en la revista “Robotics” en 1986.

La potencia del software en el control determina la flexibilidad y utilidad del robot dentro de los límites del diseño mecánico y la capacidad de los sensores. De acuerdo a su generación, su grado de inteligencia, su nivel de control y su complejidad en el lenguaje de programación ha dado lugar a esta otra clasificación que también hace referencia al orden histórico del desarrollo de la robótica. Son cinco generaciones, la tercera es la comúnmente utilizada en la industria, la cuarta se desarrolla en los laboratorios de investigación y la quinta es un futuro mas o menos cercano según la opinión de los expertos. [21]

**Primera generación. Robots Play back:**

Los cuales regeneran una secuencia de instrucciones grabadas. Estos robots tienen un control de lazo abierto. Como ejemplo un robot usado en la manipulación y servicio de máquinas

**Segunda generación. Robots controlados por sensores:**

Tienen un control en Lazo Cerrado de movimientos manipulados y toman decisiones basadas en datos obtenidos por sensores. Un uso frecuente es la soldadura y pintura en cadenas industriales.

**Tercera generación. Robots controlados por visión:**

Los Robots pueden manipular un objeto utilizando información proveniente de un sistema de visión. Usados en ensamblaje y desbarbado

**Cuarta generación. Robots controlados adaptativamente:**

Los robots pueden adaptar sus acciones en función de los datos obtenidos por los sensores.

**Quinta generación. Robots con Inteligencia Artificial:**

Los robots usan técnicas de inteligencia artificial y son capaces de tomar decisiones propias para resolver problemas

Los robots más extendidos en la actualidad son los representantes de la tercera y cuarta generación,

De acuerdo a los programas en el controlador del robot estos se pueden agrupar dependiendo del nivel de control que realizan:

**Nivel de inteligencia artificial**, el programa acepta un comando de una acción y descomponerlo en una secuencia de rutinas de bajo nivel según un modelo estratégico de tareas

**Nivel de modo de control**, los movimientos de sistema son modelados para lo que se incluye la coordinación dinámica entre los diferentes mecanismos, trayectorias planeadas y los puntos de asignación seleccionados.

**Niveles de servosistemas**, los actuadores controlan los parámetros de los mecanismos con el uso de una retroalimentación interna de los datos obtenidos por los sensores, y la ruta es modificada sobre la base de datos que se obtiene de los sensores externos. Todas las detecciones de fallos y mecanismos de corrección son implementados en este nivel.

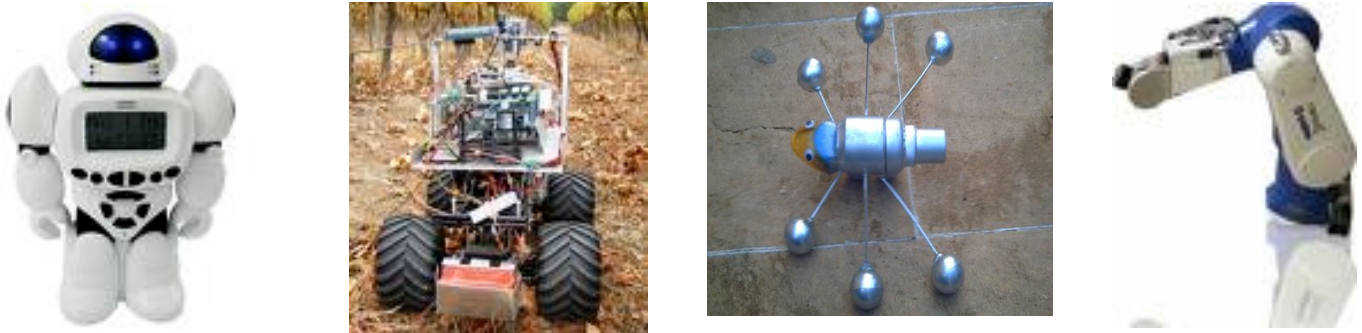
Por último, según la arquitectura del robot se podrán diferenciar en los siguientes tipos:

1. **Androides**: son robots humanoides. Imitan el comportamiento del hombre. Su utilidad en la actualidad es de solo experimentación, pero se busca que en un futuro sean capaces de interactuar con las personas y de ayudarlas, haciéndonos la vida más fácil y agradable.

2. **Móviles:** se desplazan mediante una plataforma rodante clásica, que puede estar dotada de ruedas o de un sistema de orugas. Están muy extendidos en todo tipo de usos.

3. **Zoomórficos:** emplean un sistema de locomoción diseñado imitando al de algunos animales. Suelen utilizarse en misiones de exploración.

4. **Poliarticulados:** mueven sus extremidades con pocos grados de libertad. Se utiliza principalmente en la industria.



*Figura 2.12: Tipos de robot según su arquitectura*

## 2.4 MICROROBÓTICA

Uno de los principales campos de investigación que más está avanzando en los últimos años lo forman los microrobots. Estos ingenios están siendo desarrollados tanto por las universidades como por organismos gubernamentales y privados. Por poner un ejemplo, la NASA tiene un gran interés en el desarrollo de toda clase de microrobots, destinados en su caso a misiones espaciales de mantenimiento y exploración.

Hay que remarcar que un microrobot no se caracteriza por poseer un tamaño pequeño sino por estar diseñado para realizar tareas simples de forma repetitiva, rápida y precisa. Si se ponen a trabajar varios microrobots en el mismo entorno de trabajo, colaborarán entre ellos para completar una tarea global sumando sus tareas simples.

Los microrobots suelen caracterizarse por ser móviles y autónomos, además, normalmente están preparados para tomar decisiones a partir de la información aportada por el sistema sensorial del que disponen, adaptándose al entorno de trabajo para funcionar de forma eficaz.

El término microrobótica se comienza a aplicar en la década de los 90 a raíz de unos experimentos con pequeños robots de programación muy sencilla. El experimento en sí consistía en encerrar estos pequeños robots en una habitación y distribuir trozos de vela esparcidos al azar por el suelo; los robots estaban programados para recoger las velas que encontrasen por su camino hasta el tope de su capacidad, una vez alcanzado ese tope las soltarían en un montón y volverían a iniciar su rutina de recogida. Al finalizar el experimento todas las velas estaban apiladas en el mismo montón, se había logrado que pequeños robots poco inteligentes programados para hacer una tarea repetitiva y sin conocimiento de la existencia de otros robots programados para la misma tarea y en el mismo entorno fuesen capaces de colaborar para realizar una tarea global. [19]

En los últimos años han surgido una serie de foros, certámenes y competiciones de microrobótica, que han logrado que se experimente un gran avance en esta rama gracias a la creación de un escenario común donde intercambiar técnicas y experiencias, a la vez que se motiva la investigación por medio de la competición. Las pruebas en estos eventos son muy variadas, ejemplos de ellas son las competiciones de siguelíneas, sumo, Robocup y Eurobot, que año tras año ven aumentado su número de participantes ante el gran interés que están generando.

## **2.5 EUROBOT**

Creado en 1998, Eurobot es un concurso internacional de aficionados a la robótica que permite el encuentro de equipos de jóvenes pudiendo ser clubes independientes o grupos de estudiantes con ganas de llevar a cabo un proyecto para atraer a tantas personas como sea posible a la robótica y promover la práctica de esta ciencia. [9] [20]

La primera edición de Eurobot tuvo lugar en Francia, compitiendo en ese año 5 países representados en total por 9 equipos. Año tras año la competición ha crecido tanto en importancia como en número de participantes, alcanzando en la edición 2008 una participación de 400 equipos de 27 países, tanto europeos como de otras partes del mundo.

A pesar de que Eurobot tiene lugar en Europa, países de otros continentes ya han participado en el concurso. En 2004, 21 países, representados por 205 equipos se implicaron en este concurso científico y técnico pasando por unas calificaciones nacionales y una final internacional.

Eurobot es un concurso internacional de robótica a nivel amateur, cuyo objetivo es:

- Plantear un desafío tecnológico mediante la creación de proyectos relacionados con la robótica.
- Difundir el conocimiento científico al público mediante un evento animado.
- Favorecer las relaciones entre entusiastas de la robótica.
- Proponer la realización de proyectos prácticos como aplicación del saber científico y técnico.
- Dar la posibilidad de que se reúnan aficionados de diferentes países.[9]

La primera edición de Eurobot tuvo lugar en Francia en 1998, compitiendo en ese año 5 países representados en total por 9 equipos. Año tras año la competición ha crecido tanto en importancia como en número de participantes, alcanzando en la edición 2008 una participación de 400 equipos de 27 países, tanto europeos como de otras partes del mundo.

Cada país puede estar representado en la fase final por un máximo de tres equipos, por lo que se deben hacer clasificatorias nacionales para decidir los equipos representantes.



La competición previa clasificatoria de España se realiza en el transcurso de Hispabot, que tiene lugar en la Universidad de Alcalá de Henares unas semanas antes de Eurobot. En dicho evento se realizan además otras competiciones de microrobots como son sumo, velocistas, laberinto y robocup junior.

La mecánica del concurso consiste en proponer un reto diferente cada año que hay que resolver en un tiempo limitado enfrentándose con otro robot en el mismo terreno de juego. El cambiar la prueba cada año, hace del concurso uno de los más complicados existentes hoy en día en el campo de la microrobótica y a la vez uno de los más interesantes y divertidos.

Del 21 al 24 de Mayo ha tenido lugar la final de Eurobot 2009 en Ferté-Bernard (Francia) la prueba se ha denominado "Los Templos de la Atlántida", la competencia ha consistido en dos robots de equipos distintos (verde ó naranja) que se encargan de recolectar discos y rectángulos del mismo color piezas con las que van edificando una estructura donde se mide la estabilidad y el correcto posicionamiento. Para elegir al ganador de Eurobot se ha seguido un sistema parecido a la Copa Mundial de Fútbol.

Para comprender la dificultad de este concurso se repasarán las pruebas celebradas en Eurobot a lo largo de su Historia.



*Figura 2.13: Logotipo de Eurobot*

### 1998. Fútbol

La competición era similar a un partido de fútbol jugado con más de una pelota. Sobre un terreno de juego totalmente plano en el que estaban distribuidas ocho pelotas de tenis, dos robots enfrentados tenían que marcar al rival el máximo número de tantos posibles.

La final la disputaron nueve equipos de cinco países diferentes.

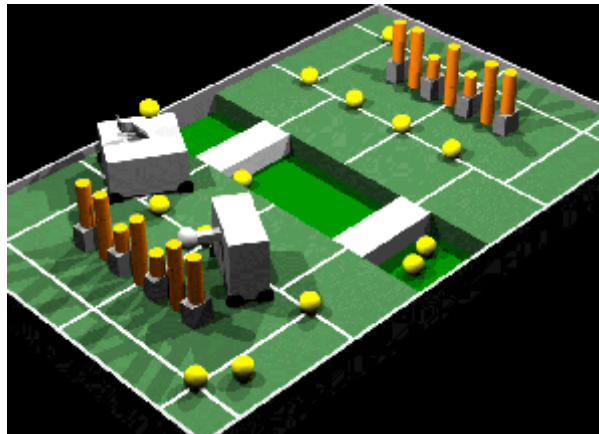


*Figura 2.14: Eurobot 1998. Fútbol*

### 1999. Ataque al castillo

El campo se dividió en dos partes separadas por un barranco y unidas mediante dos puentes. En cada lado del campo se alzaba un castillo construido a base de cilindros de madera apilados de modo que formasen torres. El objetivo del juego era derribar el castillo del contrario ya fuese por contacto directo o mediante el uso de pelotas de tenis que se encontraban repartidas por el terreno de juego.

Se presentaron ocho equipos de cinco países diferentes.



*Figura 2.15: Eurobot 1999. Ataque al castillo*

### **2000. Parque de atracciones**

Para la edición de ese año se diseñó un terreno de juego de superficie montañosa. Sobre el se dispusieron diez globos, cinco azules y cinco amarillos, y se dividió el campo en dos partes. Cada equipo debía reventar los globos del equipo contrario, estando prohibido el uso de proyectiles. Además la limitación impuesta al tamaño máximo de los robots les impedía reventarlos de lejos.

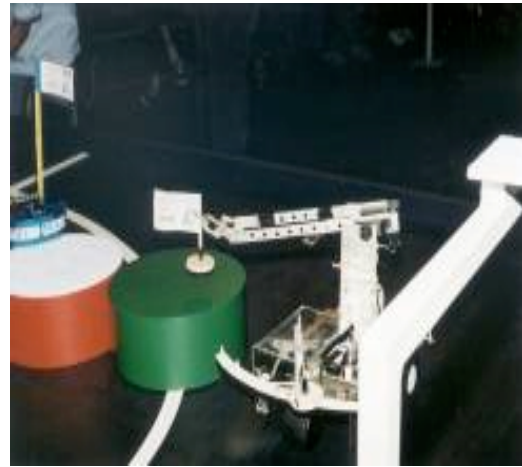
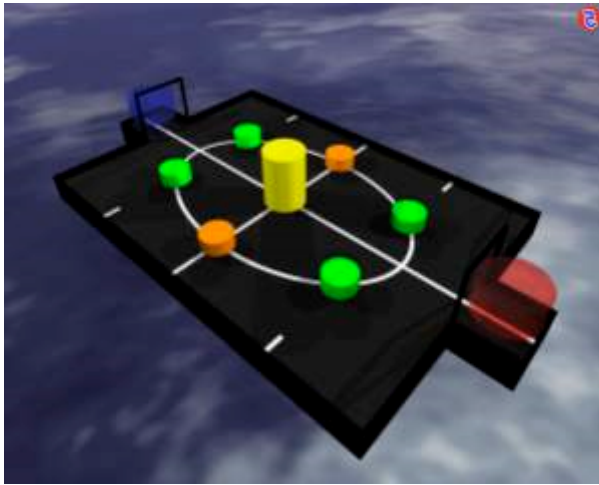
Se presentaron doce equipos de siete países diferentes.



*Figura 2.16: Eurobot 2000. Parque de atracciones*

### 2001. Odisea en el espacio

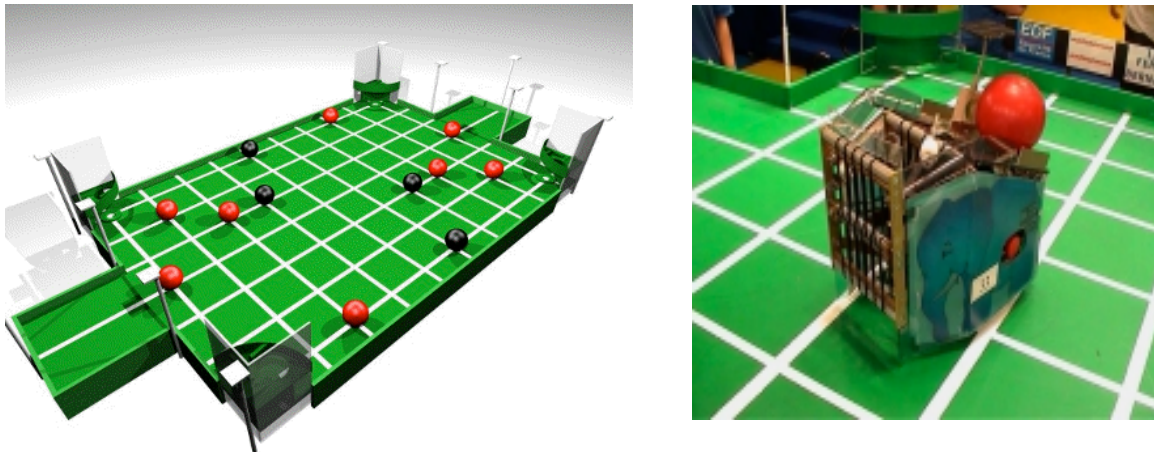
En esta edición se dispuso un terreno de juego totalmente plano que representaba el espacio y sobre él se colocaron una serie de cilindros a modo de planetas. Los robots debían conquistar más planetas que el contrario depositando banderas de su color sobre los cilindros y de esta manera reclamándolos para su equipo. Se presentaron diecinueve equipos de doce países diferentes.



*Figura 2.17: Eurobot 2001. Odisea en el espacio*

### 2002. Billar aéreo

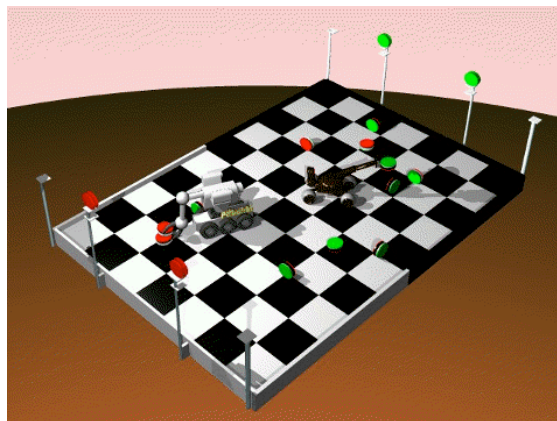
Se dispuso un terreno de juego rectangular totalmente plano dotado de unos agujeros a modo de troneras de billar en cada esquina. Sobre el tablero se colocaban al azar ocho bolas rojas y cuatro negras siguiendo una simetría central. Cada robot comenzaba el partido en un extremo del terreno de juego y tenía que introducir las bolas negras en las troneras de su lado y las rojas en las del lado opuesto. Se presentaron veintisiete equipos de diecisiete países distintos.



*Figura 2.18: Eurobot 2002. Billar aéreo*

### 2003. Cara o cruz

Sobre un terreno de juego rectangular se colocaron una serie de discos de dos tipos diferentes: de doble color y de color único. Los discos de doble color tenían una cara verde y la otra roja, y los de color único, podían ser verdes o rojos. A cada equipo se le asignaba un color, y al final del partido ganaba el robot que hubiera puesto cara arriba el mayor número de discos de su color. Se presentaron treinta y dos equipos de diecinueve países distintos.



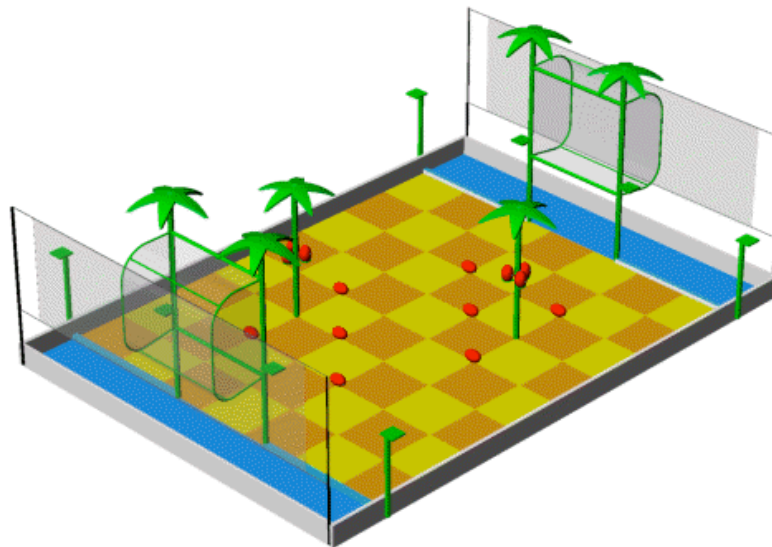
*Figura 2.19: Eurobot 2003. Cara o Cruz*

### 2004. Rugby de cocos

El terreno de juego diseñado para ese año era bastante peculiar, se trataba de un campo rectangular en el que se encontraban situadas una serie de palmeras cargadas de

cocos, además se colocaron dos porterías elevadas y una zona de ensayo en la superficie del terreno. El objetivo de la prueba de ese año era recoger cocos que estaban distribuidos de manera aleatoria por el terreno de juego, tanto por el suelo como colgados de las palmeras, y marcar puntos lanzándolos a portería o colocándolos en la zona de ensayo del lado del rival.

Se presentaron cuarenta y un equipos de veintiún países distintos.

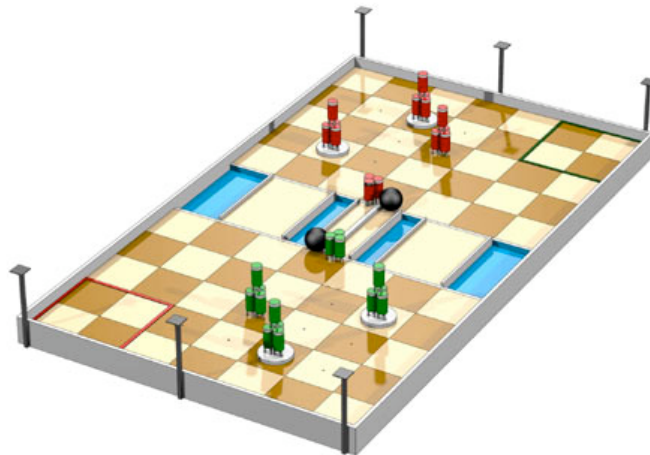


*Figura 2.20: Eurobot 2004. Rugby de cocos*

### **2005. Juego de bolos**

Al igual que en la prueba de 1999 se dividió el terreno de juego en dos partes, separadas esta vez por un río, que se comunicaban entre sí por dos puentes de colocación aleatoria. En el centro del río existían dos carriles que permitían derribar los bolos del otro lado empujando una pelota. El objetivo de la prueba era derribar los bolos del contrario y proteger los propios. Se presentaron cincuenta equipos de veintidós países diferentes.



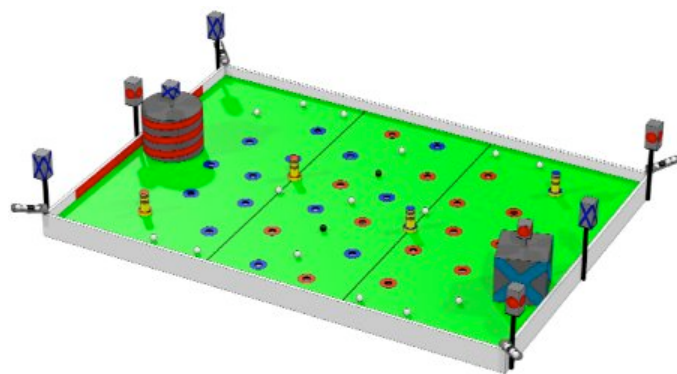


*Figura 2.21: Eurobot 2005 Juego de bolos*

### **2006. Golf divertido**

En esta ocasión el campo tiene multitud de hoyos donde los robots de cada equipo deben introducir pelotas de golf "blancas". Además existen pelotas "negras" que pueden introducirse en los hoyos del campo contrario, para evitar que el contrincante puntúe. Las pelotas de golf saltan al terreno de juego al cerrar un contacto situado en unos postes sobre terreno de juego.

El tiempo total para la prueba era de un minuto y medio y cada equipo solo podía utilizar un robot.

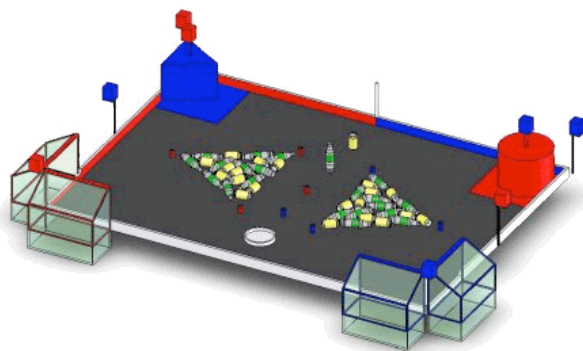


*Figura 2.22: Eurobot 2006 Golf divertido*

### 2007. Rally de reciclado

Consistió en clasificar una serie de desechos (botellas de plástico, latas de refrescos y pilas) cada uno en su cesta correspondiente para su reciclado posterior. Ganó el robot más desechos clasificó.

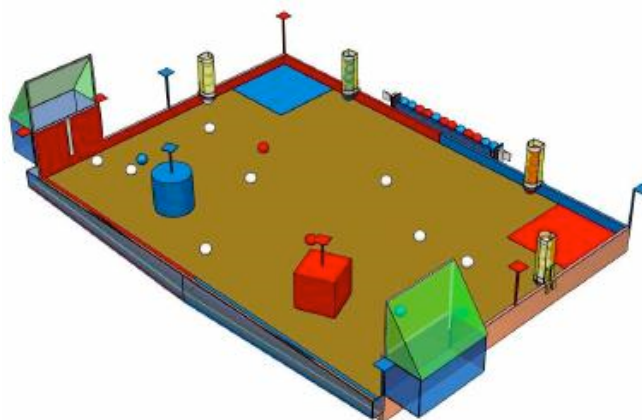
El tiempo total para la prueba fue de **un minuto y medio** y cada equipo solo pudo utilizar **un robot**



*Figura 2.23: Eurobot 2007 Rally de reciclado*

### 2008. Misión a Marte

Encontrar pruebas de la vida y llevarlos a la Tierra ... ¡Para analizar! El robot que trajo de vuelta a la Tierra la mayoría de los organismos vivos en buenas condiciones fue el ganador.



*Figura 2.24: Eurobot 2008 Misión a Marte.*



---

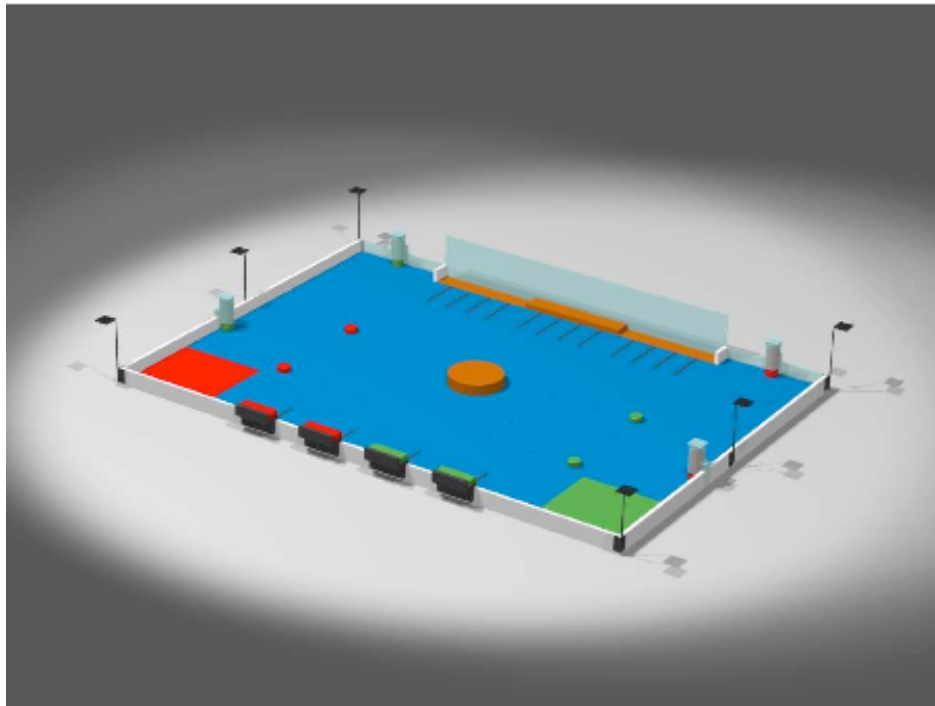
## CAPÍTULO 3

# PROBLEMA Y SOLUCIÓN

---

El proyecto que aquí nos ocupa consiste en la realización de un sistema sensorial para la edición 2009 de la prueba Eurobot “Templos de la Atlántida”. En consecuencia, se deberá diseñar e implementar dicho sistema respetando siempre el reglamento de la prueba.

El cometido de esta edición confronta a dos robots situados en un terreno de juego rectangular. En este marco, aleatoriamente se asigna un color a cada robot (rojo o verde) y su misión es recoger los elementos circulares situados en el tablero y construir el máximo número de torres y lo más altas posibles en las zonas designadas para ello. Dichos elementos están situados en el tablero de juego y en los dispensadores verticales. La normativa dice que cada robot solo puede controlar cuatro piezas simultáneamente. También existe la figura del dintel, el cual es un listón de madera que se puede colocar encima de dos torres para puntuar más. Se puede llevar uno de estos elementos precargados al inicio de cada partido.



*Figura 3.1: Eurobot 2009. Templos de la Atlántida.*

Cabe decir que la destrucción de las construcciones del equipo contrario están penalizadas con la concesión de puntos al equipo damnificado.

Cada partido dura noventa segundos y al final de este se procede al recuento de puntos, proclamándose vencedor el robot que mayor puntuación obtenga.

### **3.1. ELEMENTOS DEL JUEGO**

Los elementos de juego están pintados en verde o rojo, al igual que el color de los equipos. Este año, los elementos de juego son de la siguiente forma:

- Las piezas o fichas son elementos cilíndricos de madera, los cuales tienen 30 mm de alto con un diámetro de 70 mm. Pesan aproximadamente 100 gr.
- Los dinteles son hexaedros de madera, los cuales tienen 200 mm de largo, 70 mm, de ancho y 30 mm de alto. Pesan unos 300 gr.
- Todas las aristas de los elementos tienen un chaflán de 2 mm a 45°.

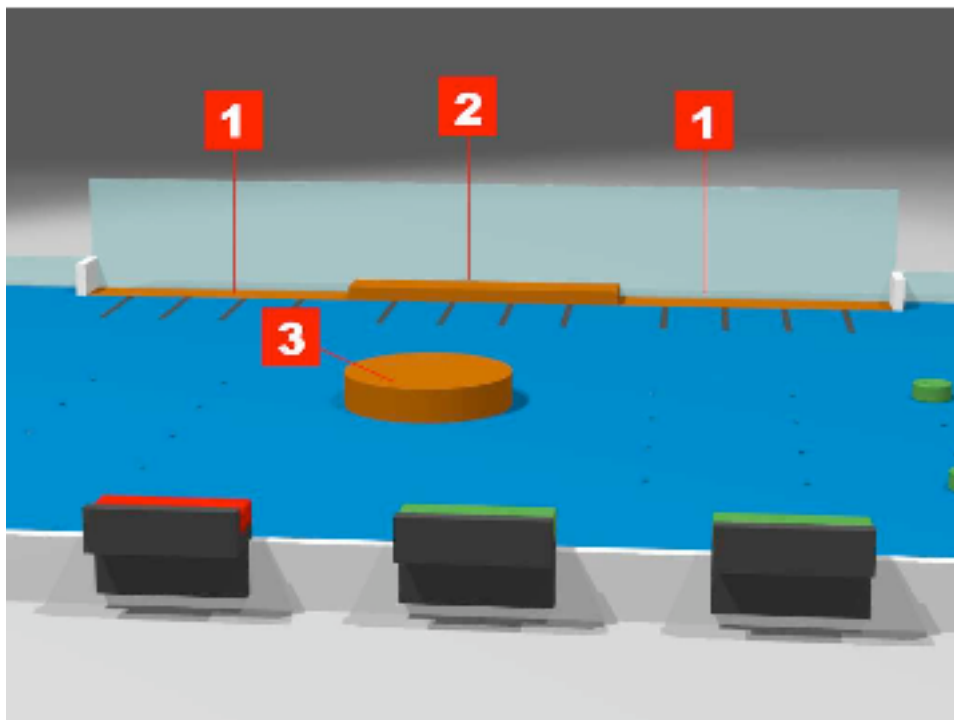
Estos elementos de juego están pintados en los colores equipos de

### 3.1.1. Área de juego

El campo de juego tiene 2100 mm de ancho y 3000 mm de largo y esta pintado en azul. En dicha área se incluyen las zonas de construcción:

- Dos zonas al mismo nivel del tablero, a lo largo de la parte delantera, de frente al público. (1)
- Un zona elevada (3cm), centrada en la parte delantera del tablero, de frente al público. (2)
- Una zona elevada (6cm) circular en el centro exacto del tablero. (3)

Todas las áreas de edificación son comunes a ambos equipos. Solo las construcciones cuya base esté completamente dentro de dichas áreas puntúa.



*Figura 3.2: Áreas de construcción.*

### **Zonas de Salida**

Las zonas de salida están en las esquinas traseras del tablero. Cada zona es un cuadrado de 50 mm de lado pintado del color de cada equipo (rojo o verde). Al comienzo de cada partido, los robots deben estar colocados dentro de estas zonas.

### **Bordes**

El borde de la mesa tiene 70 mm de alto (sobre el nivel del tablero) y 22 mm de ancho.

El borde frontal está formado por dos partes:

- Una parte similar a los otros tres bordes pero hecha de plexiglás.
- Otra parte, la situada en las zonas de construcción, una lamina de 250 mm de alto hecha en plexiglás. De esta forma el publico puede ver las construcciones, y dicha lamina puede servir como soporte para construir.

Los bordes están pintados en blanco, excepto el plexiglás.

### **Soportes para balizas**

Se puede usar un sistema de balizas para ayudar con la localización del robot oponente o de los dispensadores. Si se usan, las balizas deben ir en los lugares destinados para ellos.

Todos los soportes son cuadrados de 80 mm. Dicha plataforma esta cubierta con velcro.

Hay seis soportes para balizas en el terreno: en las esquinas y en la mitad de los lados cortos del tablero.

Las balizas también se pueden colocar encima de los dispensadores de fichas.

### Zonas de recogida de los elementos de juego

Hay varias zonas de recogida de los elementos de juego.

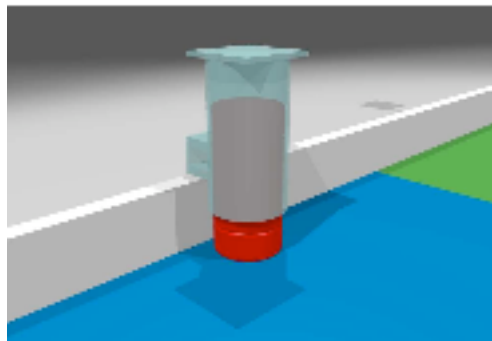
Al principio de cada partido, las fichas son distribuidas por la mesa y en los dispensadores según los siguiente:

- 12 piezas en la mesa, 6 verdes y 6 rojas.
- 20 piezas en los dispensadores.

Los dinteles se encuentran en la parte trasera del terreno de juego.

#### a) Dispensadores

Los cuatro dispensadores están situados a ambos lados del tableo. Dos de ellos son fijos y están situados en el borde delantero de la mesa. Los otros dos son móviles y tienen dos posiciones posibles a lo largo del lado más corto que se eligen azarosamente antes de empezar cada partido. Cada dispensador contiene cinco fichas del mismo color y están situados en el lado opuesto del lugar en el que se encuentra el robot inicialmente.

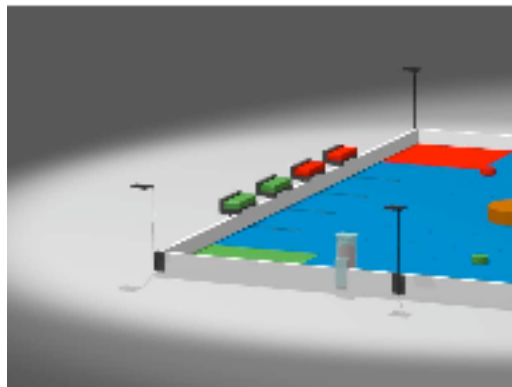


*Figura 3.3: Dispensador vertical.*

Están hechos de tal forma que al quitar una pieza, la siguiente caiga y ocupe su lugar. De esta forma no se puede coger más de una ficha al mismo tiempo.

#### b) Almacenamiento de los dinteles

Los dinteles se encuentran distribuidos en la parte trasera del tablero de juego, sobre una estructura fijada en el borde, quedando fuera del tablero de juego.



*Figura 3.4: Almacenadores de dinteles.*

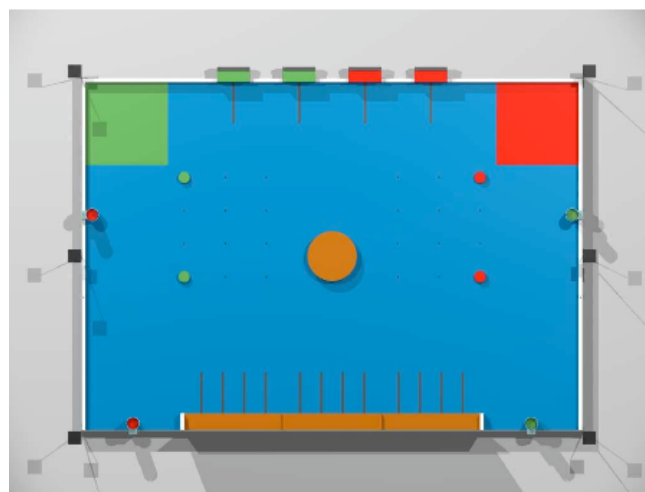
Hay dos dinteles de cada color colocados en el mismo lado que la zona de salida del equipo correspondiente.

c) Dintel precargado

Cada equipo puede llevar un dintel precargado antes de que empiece cada partido, además de los dos que hay en el tablero de juego. Si el equipo decide no llevarlo, dicho dintel queda fuera de juego.

d) Piezas colocadas encima del tablero

Hay 24 emplazamientos para las fichas definidos en la mesa: 4 fijos y 20 aleatorios.



*figura 3.5: Distribución de las fichas en el tablero de juego.*

Los emplazamientos fijos están colocados en la figura superior. Los aleatorios están designados por los puntos de color negro. Todos los emplazamientos de una mitad de la mesa tendrán piezas del mismo color. Antes de cada partido se sortea la distribución de las 8 fichas restantes, que es la misma para ambos equipos.

### 3.2. PUNTUACIÓN

La puntuación se calcula una vez el partido acaba. Se calcula sumando los puntos contruidos más los puntos por compensación de edificaciones destruidas (en caso de haberlas) y las posibles faltas cometidas. El equipo con mayor puntuación es el equipo ganador.

#### a) Puntos de juego

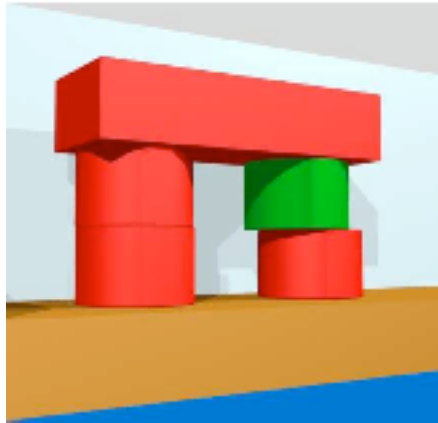
Solo puntúan las piezas colocadas en las diferentes áreas de contracción. Las reglas en cuanto a este tipo de puntuación se define a continuación:

- Una ficha (con eje vertical) colocada completamente dentro de un área de construcción es un elemento valido.
- Una ficha (con eje vertical) apoyada por al menos un elemento valido, también es un elemento valido
- Un dintel colocado horizontalmente (sobre su cara más ancha) apoyado sobre al menos dos elementos validos, también es un elemento valido.

Por tanto, la puntuación se adjudica de la siguiente manera:

- Una ficha valida puntúa el mismo numero de puntos que el nivel donde se encuentra con respecto al tablero. El calculo se hace así:
  - Un punto para el área de construcción (1)
  - Dos puntos para el área de construcción (2)
  - Tres puntos para el área de construcción (3)
- Un dintel valido puntúa el numero de puntos equivalente al nivel donde esta multiplicado por tres.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de calculo de puntos. En este caso la construcción esta hecha en el nivel (2):



Equipo rojo	Equipo verde
Columna izquierda: $2 + 3 = 5$	
Columna derecha: 2	Columna derecha: 3
Dintel: $4 \cdot 3 = 12$	
Total: 19 puntos	Total: 3 puntos

*Figura 3.6: Ejemplo de construcción.*

b) Compensación por destrucción

Si alguna edificación es destruida, ya sea total o parcialmente, el equipo damnificado será gratificado con puntos, dependiendo en la zona donde estuviesen las torres construidas:

- 10 puntos por cada columna individual (sin tener en cuenta el numero de piezas que hubiese) o por cada dintel derribado de la zona (1)
- 15 puntos para la zona (2)
- 20 puntos para la zona (3)

c) Faltas

Toda acción que no siga completamente las reglas o el espíritu de la competición será penalizada con la sustracción de 3 puntos de la puntuación total obtenida. Se puede ser penalizado mas de una vez en cada partido.

d) Puntos de partido

A la suma de todos los puntos mencionados en los anteriores apartados se añaden los puntos de partido según lo siguiente:



- 10 puntos por victoria
- 6 puntos por empate
- 2 puntos por derrota

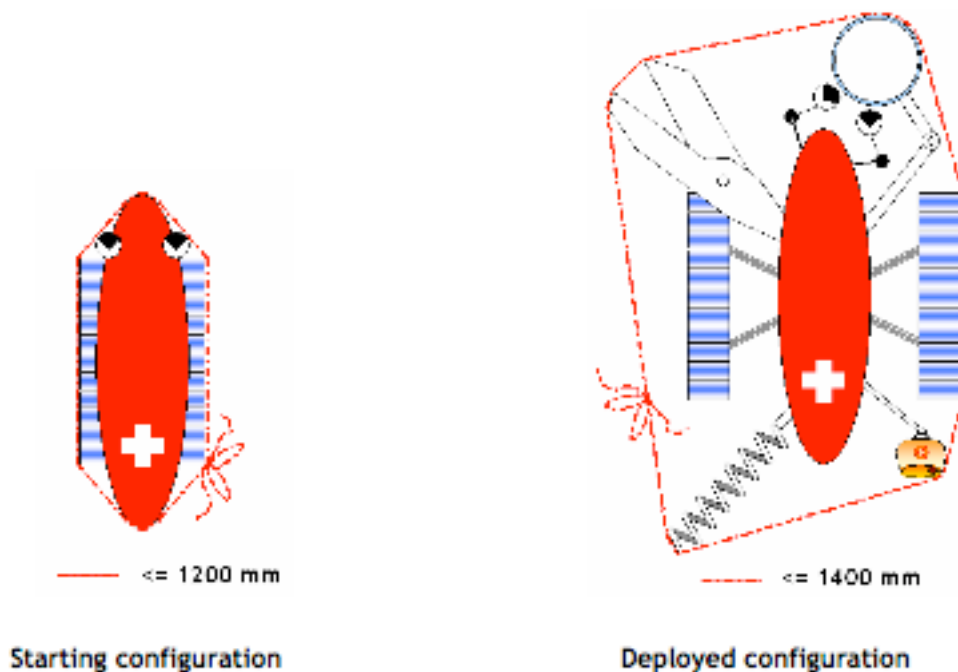
Una puntuación de 0 a 0 (o inferior) es considerada doble derrota, por lo que los dos equipos solo consiguen 2 puntos.

### 3.3. DIMENSIONES DEL ROBOT

El robot puede tener partes desplegadas, las cuales solo pueden ser desplegadas después de la señal de inicio de partido.

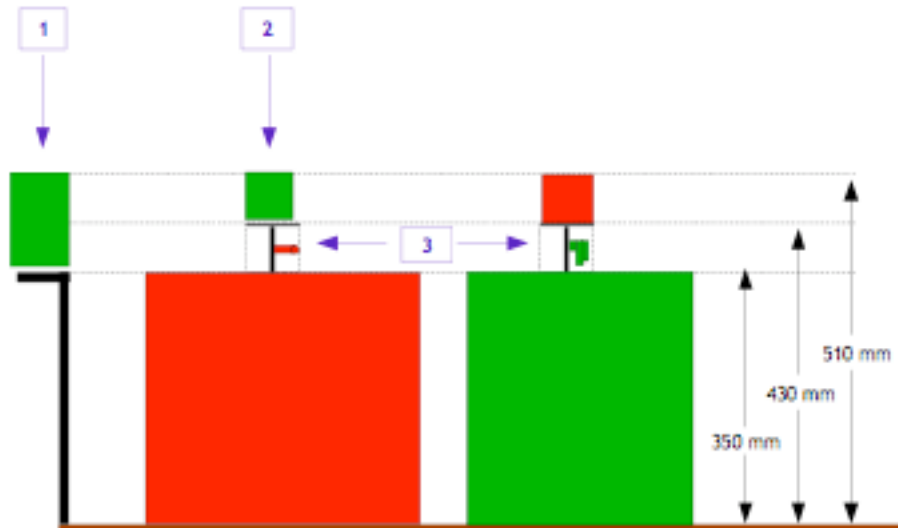
El perímetro del robot se define como la proyección vertical del robot sobre el suelo.

El perímetro del robot puede ser de hasta 1200 mm al comienzo del partido. El perímetro totalmente desplegado no puede sobrepasar los 1400 mm.



*Figura 3.7: Perímetro máximo del robot*

La altura total, excluyendo el soporte para las balizas, no puede ser mayor a 350 mm. La base de la baliza tiene que estar a 430 mm del tablero y esta no puede sobrepasar de los 510 mm sobre el terreno de juego.



*Figura 3.8: Altura máxima del robot*

### 3.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema consiste construir el mayor numero de edificaciones posibles, ya sean solo torres o templos, en cualquiera de las zonas de construcción, en un tiempo máximo de 90 segundos.

Las piezas se pueden encontrar en el terreno de juego o en los dispensadores verticales, y los dinteles en las bases destinadas para ellos. El sistema diseñado puede recoger piezas tanto de los dispensadores verticales como del tablero de juego, pero para simplificar la estrategia y hacerla mas eficiente, solo se recogerán piezas de la superficie del tablero.

La máxima puntuación se obtiene depositando las construcciones en el arrea circular central, la cual es la mas alta de todas. Se decidió, que puesto que era factible llegar hasta dicho área con el robot y era donde mas puntos se obtenían, construir nuestros templos ahí.

Después de construir las dos columnas en el área central, se deposita el dintel precargado para axial hacer un templo y puntuar mas.

### 3.5. SOLUCION ALCANZADA

Después de barajar varias ideas y soluciones, y siempre teniendo en cuenta la normativa del concurso, se decidió realizar un microbot con capacidad para depositar las construcciones en el área de construcción central, la cual es donde se obtiene mas puntuación. Para ello, se diseño un sistema de recogida capaz de recolectar piezas tanto de los dispensadores verticales, como del tablero de juego, y a continuación elevarlas mediante una cinta transportadora hasta una bandeja móvil. Dicha bandeja tiene una pieza en perpendicular que queda a ras del suelo cuya función es permitir el retroceso de la bandeja para dejar la construcción sobre la zona de edificación. Esto se consigue de forma eficaz porque dicha pieza tiene la forma de la zona de construcción por lo que se adapta perfectamente a ésta sin peligro de destruir el templo.

El sistema de localización del área de construcción, una vez recogidas las piezas, se lleva a cabo mediante sensores de infrarrojos. También se utilizan este tipo de sensores para localizar al contrario (al detectarlo se activa una rutina de evasión para evitar la colisión) y para detectar las fichas que estén sobre el tablero de juego.

#### 3.5.1. Arquitectura del robot

El microrobot se puede dividir en varios módulos, de esta forma se facilita el diseño y la construcción del mismo. Dichos módulos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- *Estructura*: es el chasis, la parte del robot que le da una forma definida y le sustenta. Para su diseño hay que tener en cuenta la normativa, pues no puede sobrepasar ciertas medidas y el material escogido para su construcción, pues tiene que ser ligero a la vez que resistente.

- *Sistema de control:* es la inteligencia del robot. Se dispone de una placa base modelo “TS – 7350” con procesador “CIRRUS EP 9302” que trabaja sobre Linux, la cual recoge las salidas de los sensores y se comunica mediante puerto serie con microprocesador “8052 de Dallas Semiconductor”. Este sistema actúa sobre los diferentes accionamientos y les da las ordenes necesarias en cada rutina.
- *Sistema mecánico y Sistema de accionamiento:* son los sistemas gracias a los cuales la recogida de piezas y su posterior construcción son posibles.
- *Sistema de alimentación y Sistema locomotor:* el sistema de alimentación es el encargado de suministrar la energía necesaria a todos los sistemas para su correcto funcionamiento. El sistema locomotor el que hace posible que el robot pueda moverse por el campo de juego.
- *Sistema sensorial:* este sistema informa al robot de su entorno. Depende de la rutina en la que se encuentre, el robot tendrá en cuenta unos sensores u otros.

### 3.5.2. Estructura

Para la realización de la estructura hay que tener en cuenta factores como el peso, la robustez, el volumen o la flexibilidad para incorporar nuevos elementos en futuras ampliaciones o para modificar elementos ya existentes. Estos factores hacen del diseño y de la elección de los materiales una tarea importante.

Su principal función es la de sustentar al resto de los elementos, así como conectarlos entre si de modo que permita el correcto funcionamiento del microrobot.

### 3.5.3. Sistema de control

Para dotar de autonomía a un robot, se hace necesario un programa informático que sea capaz de procesar la información recibida a través de los sensores y actuadores.



La tarea de nuestro sistema de control, consiste en controlar y coordinar el proceso de recogida de las fichas y su posterior construcción, así como el desplazamiento por el campo sin perderse.

---

## CAPÍTULO 4

# SISTEMA MECÁNICO Y SISTEMA DE ACCIONAMIENTO

---

El sistema mecánico y de accionamiento del microrobot han sido diseñados e implementados con el objetivo de obtener el funcionamiento más eficaz y robusto posible.

De esta forma, en este capítulo se detallan ambos sistemas:

- El sistema mecánico está formado por varios elementos que permiten una serie de movimientos, los cuales pueden ser rectilíneos o circulares.
- El sistema de accionamiento está compuesto por dos tipos de actuadores: varios servomotores y un motor de corriente continua. Dichos actuadores se mueven según las instrucciones recibidas de la unidad de control.

A su vez, se describe la elección de las baterías y el diseño de unas placas de potencia que adapten la alimentación proporcionada por las baterías a los valores adecuados.

## 4.1 SISTEMA MECÁNICO

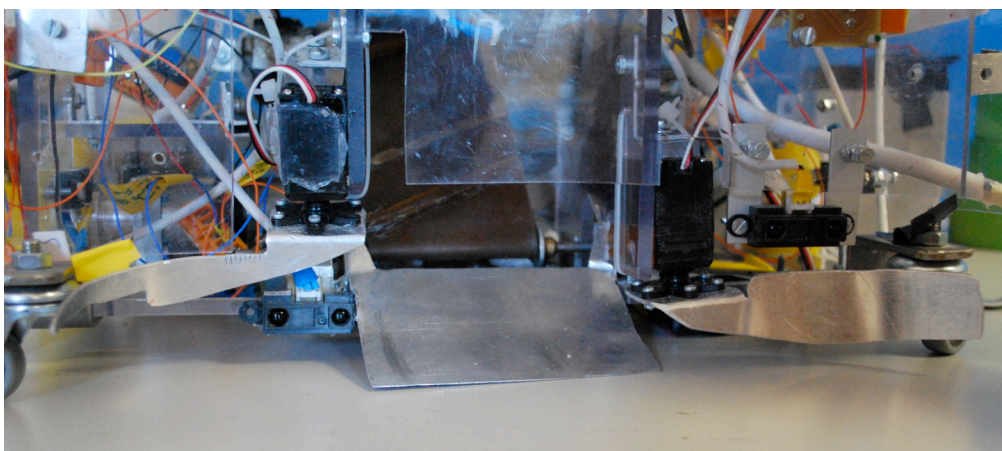
El sistema mecánico referente al sistema de recogida de muestras se ha diseñado tanto para recoger muestras del tablero como para hacer lo propio de los dispensadores verticales. Para lograr esto, la implementación de la bandeja donde se construyen las torres está condicionada a la forma circular de la zona de construcción del tablero.

El sistema completo está dispuesto por dos palas delanteras de recogida, una rampa para elevar las piezas, una cinta de transporte, una bandeja de construcción y almacenamiento de fichas, una barrera de seguridad, dos palas para la correcta colocación de las piezas, una plataforma de la sujeción del dintel y un chasis adaptado a la normativa del concurso. Todos estos elementos están realizados en aluminio lacado de 1,5mm de espesor, salvo la cinta de transporte, la barrera de seguridad y el chasis. La primera es de caucho y los dos últimos están realizados en policarbonato extruido.

### 4.1.1 Palas delanteras de recogida

Las palas son las encargadas de recoger las fichas, ya sea del tablero de juego o de los dispensadores, y arrastrarlas hasta la rampa. Tienen forma semicircular para que se mas fácil la recolección de las piezas.

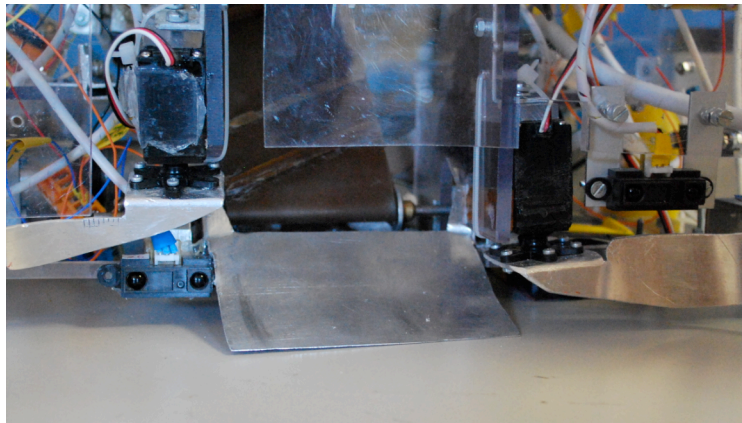
Están diseñadas de tal forma que una es mas ancha que la otra con el objetivo de que la pieza ancha se quede sujetando las piezas del dispensador y así la pala mas fina pueda retroceder hasta su posición inicial.



*Figura 4.1: Palas delanteras de recogida*

#### 4.1.2 Rampa para elevar las piezas

La rampa es el enlace entre la superficie del tablero de juego y la cinta transportadora. Funciona como una cuña que eleva las piezas una altura de 30 mm.



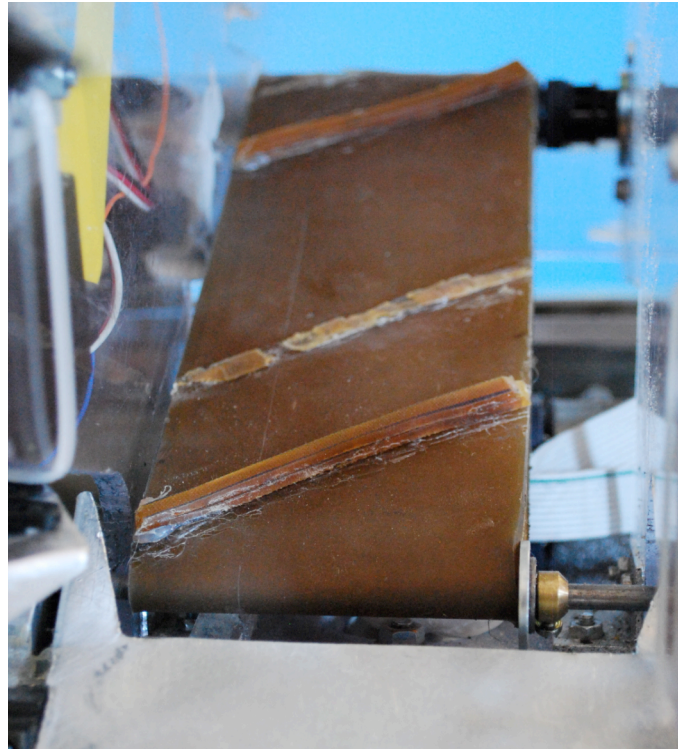
*Figura 4.2: Rampa para elevar las piezas*

#### 4.1.3 Cinta de transporte

La cinta es de caucho, y su misión consiste en transportar las piezas hasta la bandeja donde se construyen las torres. Esta diseñada de tal forma que consigue elevar las piezas unos 10 cm por encima del suelo. El ancho de la cinta es de 7 cm, al igual que el diámetro de las fichas.

Se encuentra fijada por los extremos, sujeta por dos ejes paralelos entre si, y se mueve gracias a un motor de corriente continua y se activa conforme a las ordenes recibidas por la unidad de control.



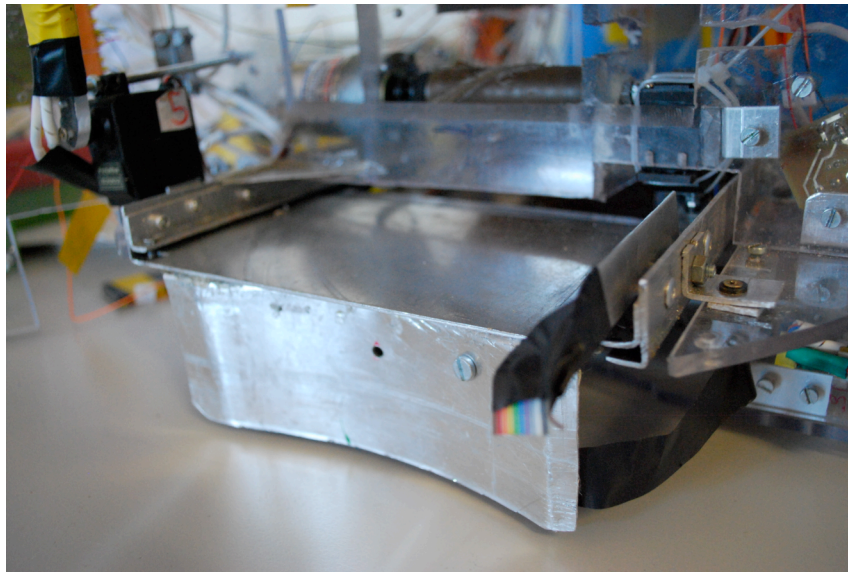


*Figura 4.3: Cinta transportadora*

La cinta esta dividida longitudinalmente en cuatro secciones de 8,5 cm por una tira adherida de caucho, que permite la pieza recogida no deslice.

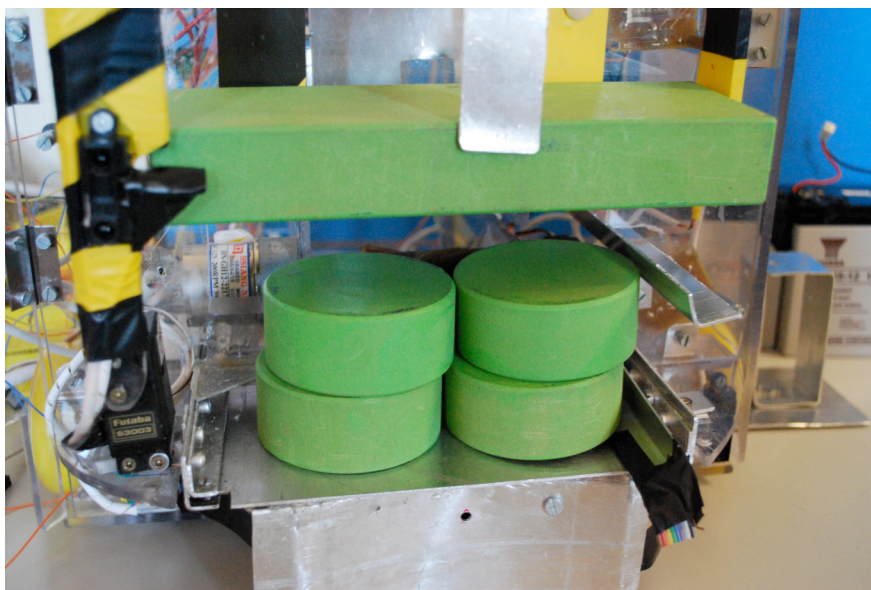
#### 4.1.4 Bandeja de construcción

La bandeja esta formada por dos chapas en forma de L, una paralela al suelo donde se construyen las torres y otra vertical adaptada al área de construcción central. La bandeja esta unida a un fleje de acero, el cual esta sujeto a la plancha vertical, de tal forma que una vez depositada la construcción dicha bandeja recupera mecánicamente su posición original. Se desliza en unos carriles de aluminio.



*Figura 4.4: Bandeja de construcción*

En la bandeja de construcción se depositan las piezas, las cuales caen a dos distintos niveles: el primero 3cm por debajo de la parte mas alta de al cinta, y al quedar dicho nivel lleno por dos piezas, las dos siguientes se sitúan sobre éstas, por lo que de esta forma, se consigue construir dos alturas (véase figura 4.5.).



*Figura 4.5: Bandeja de construcción con fichas colocadas*

#### 4.1.5 Barrera de seguridad

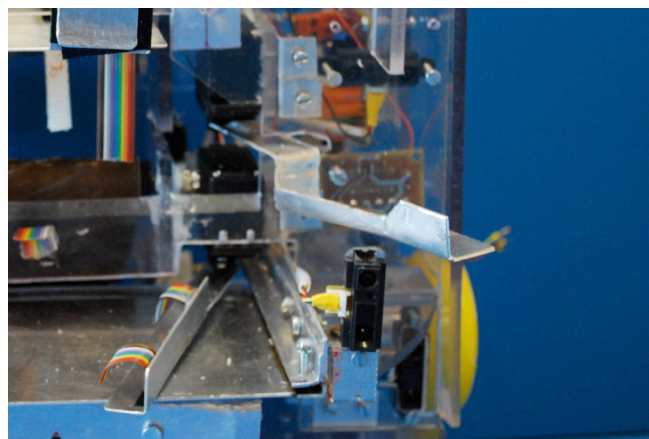
La barrera de seguridad esta realizada en policarbonato extruido de 5mm de espesor. Tiene la forma que puede apreciarse en la figura 4.6., en la posición horizontal impide que las piezas se salgan y en la posición vertical deja a las piezas salir. Tiene un pequeño recoveco en su parte inferior para que de esta forma las piezas no tengan ninguna dificultad al salir.



*Figura 4.6: Barrera de seguridad*

#### 4.1.6 Palas para la colocación de las piezas

El robot dispone de dos palas para colocar correctamente las piezas en la bandeja. Si se mira de frente a la parte trasera del robot, ambas palas se encuentran en la parte derecha de este, una 1,5 cm por encima de la parte mas alta de la cinta y la otra a 1,5 cm por debajo.

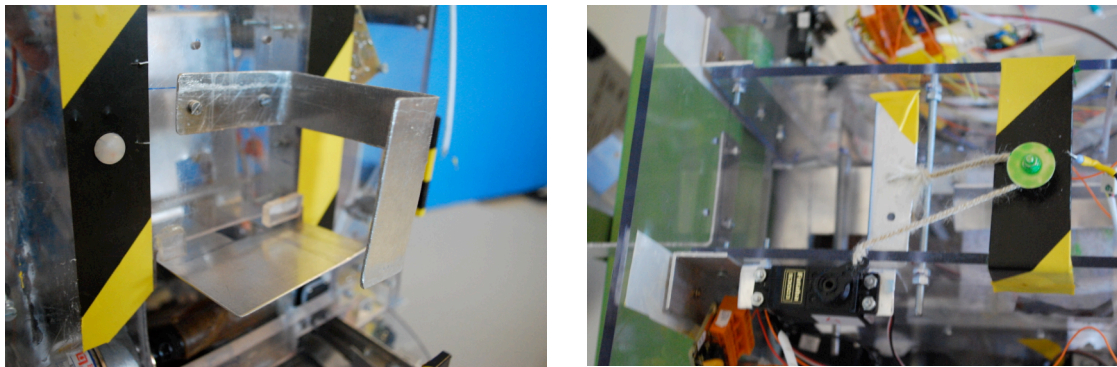


*Figura 4.7: Palas para la colocación de piezas*



#### 4.1.7 Plataforma para la sujeción del dintel

El dintel precargado se trasporta en una plataforma de aluminio lacado de 1,5mm de espesor. La plataforma tiene forma de Z, para poder engancharlo a su accionamiento correspondiente, el cual se encuentra encima de la batería. La plataforma sobresale 2 cm por la pared trasera del robot permitiendo la sujeción del dintel.

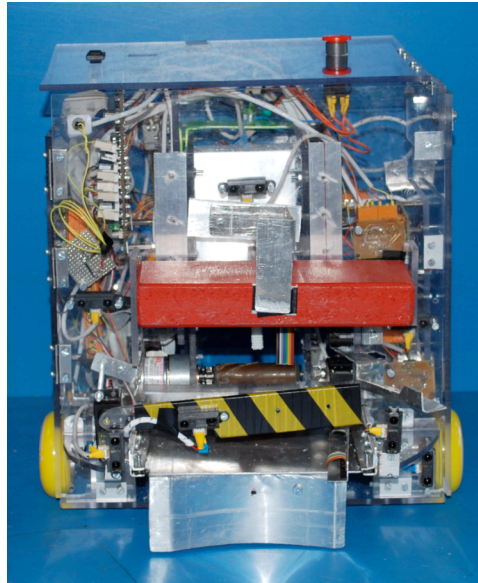


*Figura 4.8: Plataforma para el dintel y mecanismo para su funcionamiento*

#### 4.1.8 Chasis

Para un correcto funcionamiento del microrobot, es imprescindible un una estructura que se adapte a sus necesidades funcionales y dimensionales.

Todo el chasis esta construido en poliueratano estrudio de 5 mm de espesor ya que dicho material se caracteriza por su gran capacidad para absorber impacto, por su ligereza y por su facilidad para ser manipulado mecánicamente.



*Figura 4.9: Estructura del robot*

## 4.2 SISTEMA DE ACCIONAMIENTO

El sistema de accionamiento está formado por seis servomotores, los cuales mueven las palas de recogida delanteras, las palas de colocación traseras, la barrera de seguridad y la plataforma para la sujeción del dintel y un motor de corriente continua que controla el movimiento de la cinta transportadora.

### 4.2.1 Servomotor

Para efectuar los giros del robot se ha elegido un servomotor. Las ventajas de haber elegido un servomotor son varias, entre ellas su poco peso, resistencia, simplicidad de manejo, versatilidad... El servomotor elegido en nuestro caso es el Futaba S3003 Standard, ya que se adecuaba perfectamente a nuestras necesidades.



4.10: Servomotor Futaba S3003 Standard

Los servomotores son un tipo especial de motor de corriente continua que tienen la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su intervalo de operación, mediante un tren de pulsos que se corresponde con el movimiento a realizar. Consisten en una pequeña caja en cuyo interior dispone de un motor de corriente continua, un potenciómetro de un valor aproximado de 5k, una caja reductora y un circuito de control. El eje del servo tiene una rotación limitada a unos 180° pero puede ser fácilmente modificado para que rote 360° y funcione como un motor de corriente continua normal.

Al aplicarse un voltaje entre los dos terminales del motor de corriente continua del servomotor, este gira a gran velocidad pero produciendo un bajo par. Para aumentar el par, se utiliza una caja reductora, que transforma gran parte de la velocidad en giro de torsión.

Los servomotores disponen de tres cables de conexión externa:

- Alimentación: Normalmente son +5V, pero puede variar entre 4 y 8 voltios.
- Conexión a tierra: Referencia 0V del motor.

- Línea de control: Recibe la señal codificada para comunicar el ángulo en el que el motor se debe posicionar.

Los servomotores tienen tres terminales de conexión: dos para la alimentación eléctrica del circuito y uno para la entrada de la señal de control. Los terminales de alimentación son siempre de color rojo, sin importar el fabricante que los realice. Los terminales de tierra y los de control dependen del fabricante, siendo los primeros negros o marrones y los segundos blancos, naranjas o amarillos. Para nuestros servomotores de la marca Futaba el terminal positivo es rojo, el negativo es negro y el de control es blanco.

El control de un servo se reduce a indicar su posición mediante una PWM. El ángulo de ubicación del motor depende de la duración del nivel alto de la señal. Para el servomotor utilizado los valores posibles de la señal en alto están entre 0,3 y 2,1 ms que posicionan el motor en ambos extremos de giro (0° y 180°, respectivamente), siendo 1,2 ms la posición central.

La duración del pulso alto para conseguir un ángulo de posición  $\theta$  viene dado por la fórmula:

$$t = 0,3 + \theta/100$$

Si se quiere bloquear el servo en una posición, es necesario enviarle continuamente una señal con la posición deseada. De esta forma el servo conservará su posición. Si los pulsos no se envían, el servomotor queda liberado.

En la siguiente figura muestra las características técnicas del servomotor Futaba S3003 Standard:

Tensión de alimentación (V)	Par de salida (Nm)	Velocidad de salida (rpm)
4,8	0,314	43,48
6	0,402	62,5

#### **Servomotores de las palas delanteras:**

Se encargan de ejecutar los movimientos necesarios para que las palas recojan las piezas, ya sea del dispensador vertical o del tablero de juego, hasta que quedan depositadas en la cinta transportadora. A continuación, vuelven a su posición inicial para recoger la siguiente pieza.

#### **Servomotor de la barrera de seguridad:**

Se encarga de girar 45° la barrera de seguridad para que al caer el dintel este quede bien colocado y seguidamente girar dicha barrera otros 45° mas para dejar que las piezas se queden en el área de construcción. Luego vuelve a su posición inicial.

#### **Servomotores de las palas para la colocación de las piezas:**

Se encargan, mediante un algoritmo enviado desde la unidad de control, de colocar las piezas correctamente en la bandeja de construcción, en caso de que no caigan bien por si mismas.

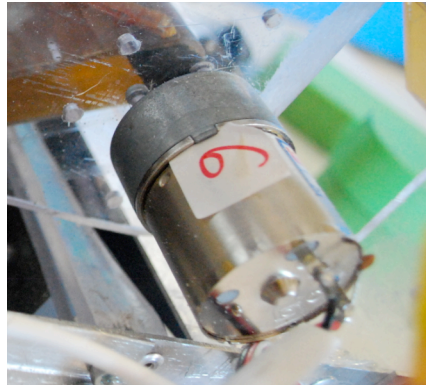
#### **Servo de la plataforma de sujeción del dintel:**

Se encarga de retirar la plataforma que sujeta el dintel para que éste caiga y quede colocado encima de la construcción.

#### **4.2.2 Motor de corriente continua con reductora**

Para mover la cinta transportadora se ha utilizado un motor de corriente continua con reductora incorporada. Las reductoras se acoplan a los motores aumentando el par y reduciendo las revoluciones del orden de miles de r.p.m. a decenas junto con un consumo más reducido. De esta forma se consigue incrementar el par mediante una reducción de la velocidad de giro en el eje sin alterar la potencia global del conjunto.





*Figura 4.11: Motor corriente continua*

El sentido de giro viene determinado por la corriente que circula por él. Es decir, si se aplica tensión entre los dos terminales del motor, éste girará en un sentido y si se invierte la polaridad girará en el sentido contrario. La velocidad viene determinada por el nivel de tensión aplicado. El motor elegido es un motor DC reductor de 12V a 200 r.p.m.

El motor funciona gracias a un transistor BJT que actúa como interruptor electrónico. Para conseguir que un transistor actúe como un interruptor se introduce la tensión de control por la base y dependiendo de esta corriente el BJT estará en estado de corte (OFF) o en estado de saturación (ON). La salida de este interruptor se encuentra por el colector.

El motor se encarga de accionar la cinta para que ésta suba las piezas desde la rampa hasta la bandeja de construcción.

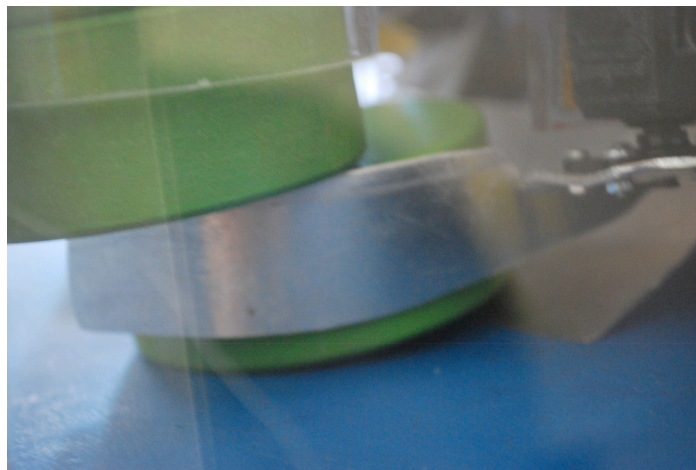
#### 4.2.3. Secuencia recogida de las piezas del dispensador

1º La ficha se encuentra entre las dos palas delanteras.



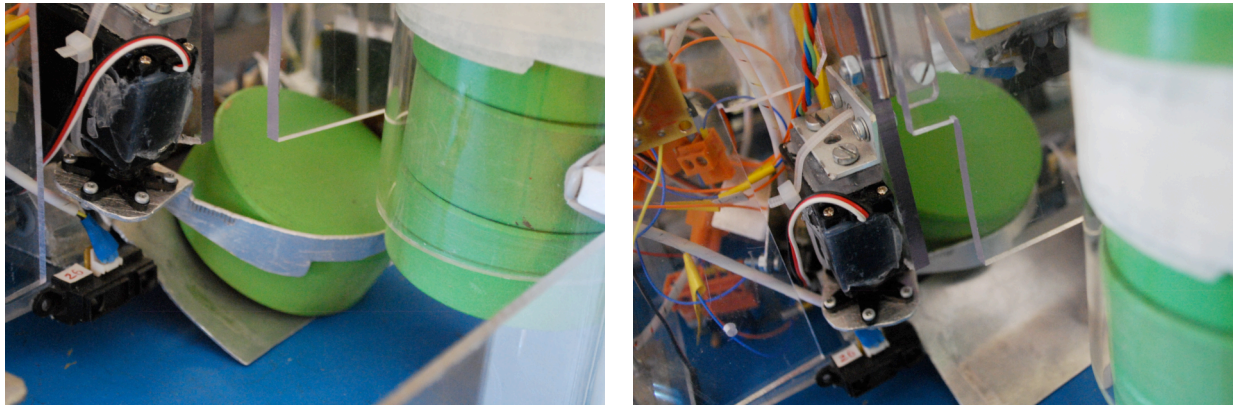
*Figura 4.12: Comienzo recogida dispensador.*

2º La pala derecha avanza hasta quedarse en el medio del dispensador, de esta forma sujeta las piezas que aun están dentro para que no caigan.



*Figura 4.13: Avance pala derecha.*

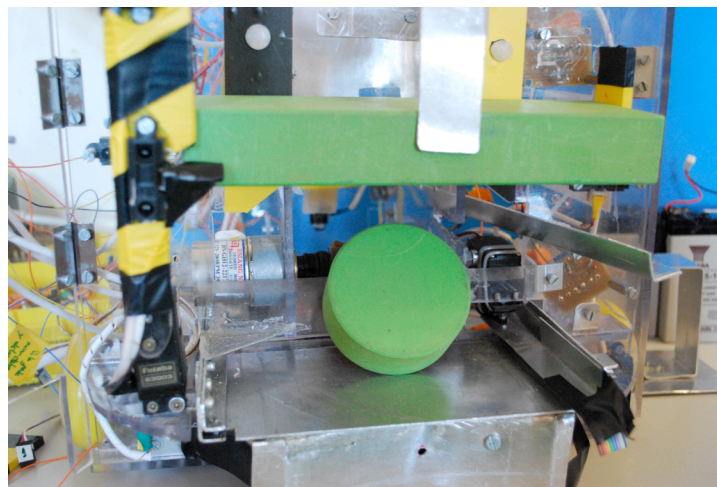
3º La pala izquierda avanza empuja la pieza por la rampa hasta que es arrastrada por la cinta transportadora.



*Figura 4.14: Avance pala izquierda*

4º Ambas palas vuelven a su posición inicial

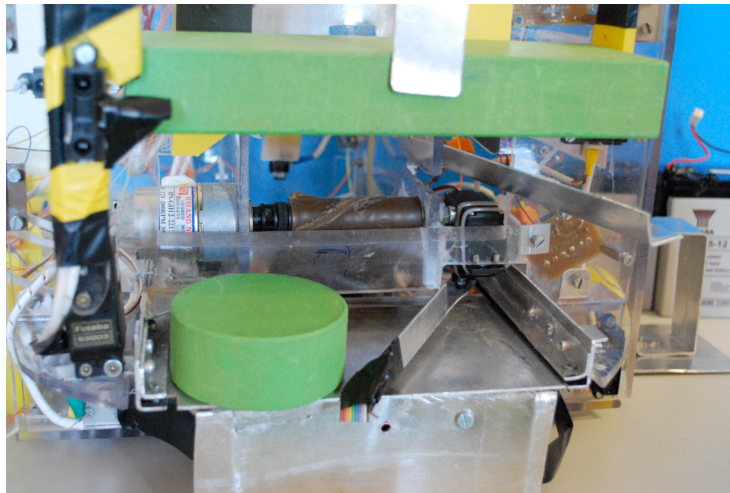
5º La cinta transportadora eleva la pieza hasta que cae por la abertura trasera



*Figura 4.15: Caída primera ficha.*

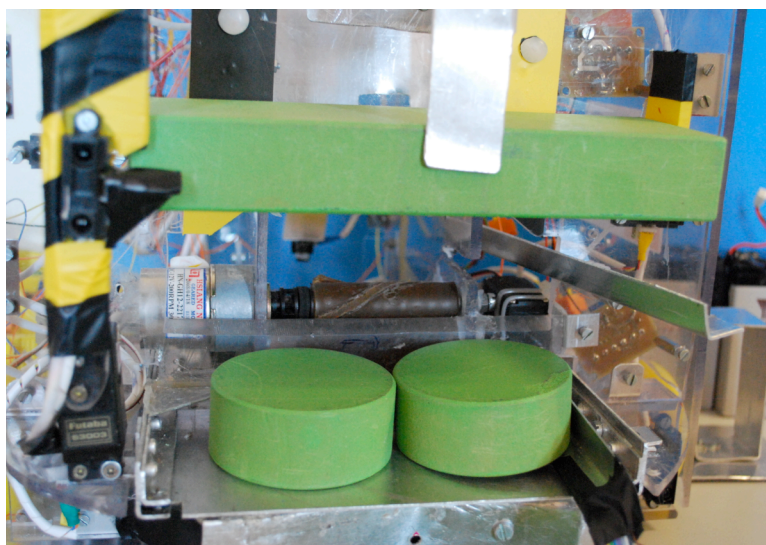
6º La pala inferior trasera coloca, en caso de que haya caído mal, la pieza en su posición.





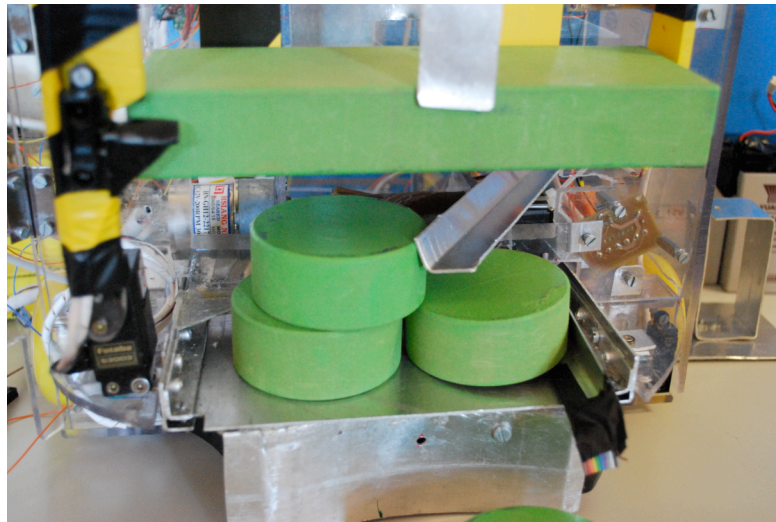
*Figura 4.16: Primera ficha colocada.*

7º Sube la siguiente pieza y se coloca en el hueco que queda del primer nivel



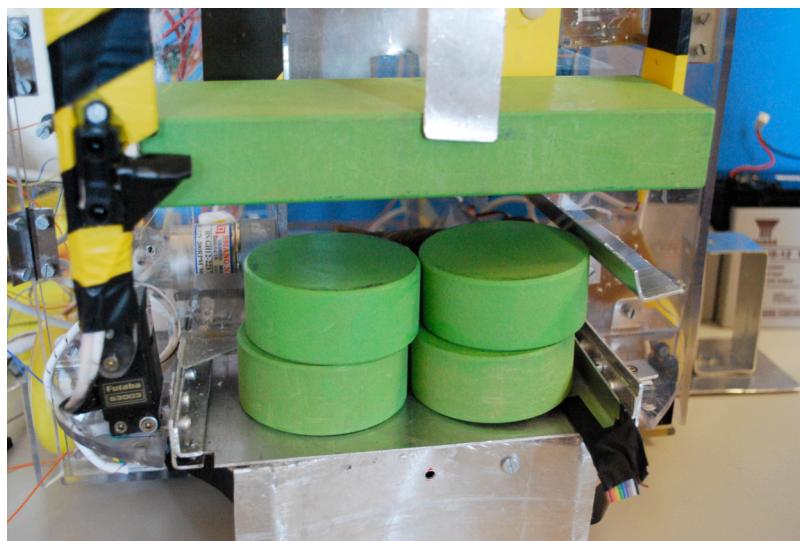
*Figura 4.17: Segunda ficha colocada.*

8º A continuación, sube la tercer pieza y la pala superior la coloca para dejar hueco a la última pieza



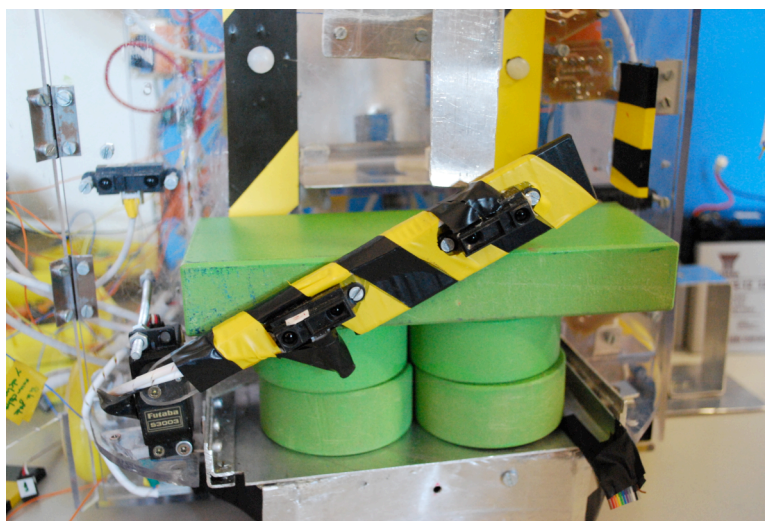
*Figura 4.18: Tercera ficha colocada.*

9º La ultima pieza sube y se coloca en el hueco que queda



*Figura 4.19: Cuarta ficha colocada.*

10º Y por ultimo, la barrera de seguridad se coloca a 45º y la bandeja del dintel se mete dentro del robot para dejar que caiga y así construir un templo



*Figura 4.20: Templo construido*

*(Del paso 5° al 9°, la barrera de seguridad debería estar a 90° con respecto al suelo. Se ha optado por ponerla así, para no impedir ver detalles en las fotos)*

---

## CAPÍTULO 5

# SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y SISTEMA LOCOMOTOR

---

### 5.1. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Se le llama batería eléctrica o acumulador al dispositivo que almacena energía eléctrica usando procedimiento electroquímicos y que, posteriormente, la devuelve casi en su totalidad; este ciclo puede repetirse un determinado numero de veces. [12]



*Figura 5.1: Batería.*



Se puede encontrar una gran variedad de baterías en el mercado aunque las mas comunes se clasifican en dos categorías: de plomo y alcalinas. Algunas de las mas comunes son las siguientes:

- Plomo
- Níquel-Cadmio (NiCd)
- Níquel-Metal Hidruro (NiMH)
- Litio-Ión (Li-ion)
- Polímero de Litio (LiPo)

Para alimentar tanto las placas electrónicas como los motores de tracción y la cinta transportadora hemos implementado un sistema de alimentación el cual está formado únicamente por una batería recargable de plomo-ácido YUASA (modelo NPH5-12) que suministra 12V y 5Ah.

Este tipo de baterías se caracterizan por su bajo coste económico, un ciclo de autodescarga largo (hasta un año), un tiempo de carga lento y un tiempo de vida que oscila entre 200 y 300 ciclos de carga/descarga.

#### 5.1.1. Etapa de potencia

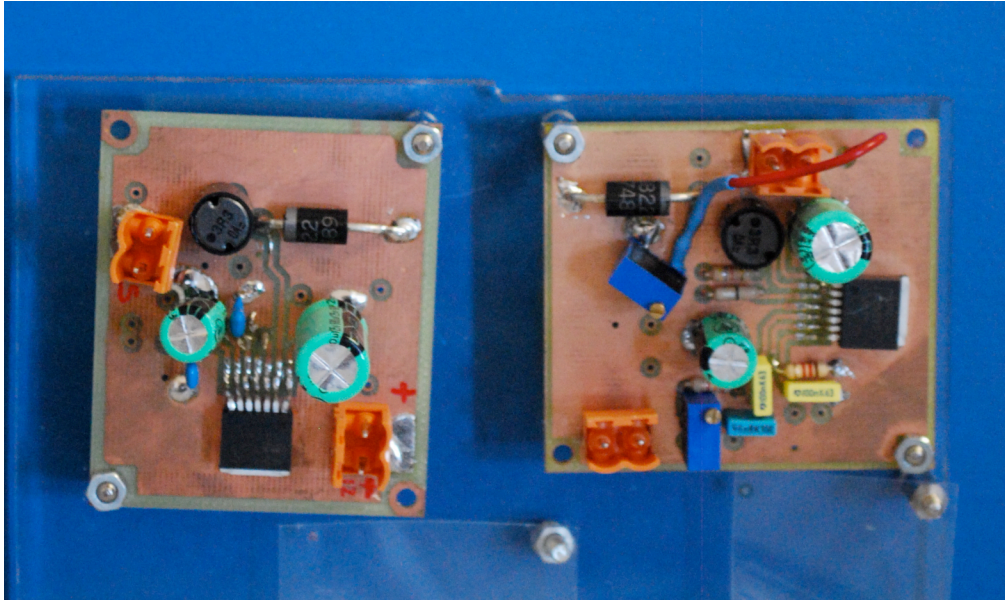
La etapa de potencia es el circuito electrónico fundamental para suministrar potencia al resto de los elementos electrónicos del microbot. [1]

Para el perfecto funcionamiento de todos los componentes del robot se necesitan unos valores de tensión a la salida del sistema de alimentación de 5 y 7 V, por lo que se han empleado una serie de dispositivos electrónicos que se encargan de obtener estos valores de tensión a partir de la batería de corriente continua montada en el robot.

La etapa de potencia se compone de dos placas que contiene un regulador LM2599S cada una para adaptar la tensión de 12V que proporciona la batería al voltaje



necesitado. Para realizar dichas placas se siguieron las indicaciones ofrecidas en las hojas de características del componente.



*Figura 5.2: Placas de potencia.*

## 5.2 SISTEMA LOCOMOTOR

El sistema de tracción y el locomotor son los encargados de hacer que el robot sea capaz de desplazarse por el campo de juego.

Este sistema está controlado por el driver LMD183200T, el cual es capaz de operar en tensiones de 12 Vcc soportando corrientes de pico de hasta 6 A y corrientes nominales de 3 A, más que suficientes para los motores utilizados.

### 5.2.1. Ruedas

Las ruedas son los elementos que nos permiten comunicar la tracción de los motores con el suelo y así conseguir desplazar el robot. Estos movimientos se realizan gracias a dos tipos de ruedas: las ruedas motrices y las ruedas libres (o locas). Nuestro robot dispone dos ruedas motrices situadas a cada lado del robot y tres ruedas locas para dar estabilidad y evitar el rozamiento de la base con el suelo.

- Ruedas motrices

Para elegir las ruedas motrices adecuadas es imprescindible conocer las prestaciones que se necesitan satisfacer. En nuestro caso se necesitaba la mayor adherencia posible y una gran capacidad de adaptación con los motores. Por todo esto, se han utilizado las ruedas del modelo HYPER HOCKEY PRO 250.

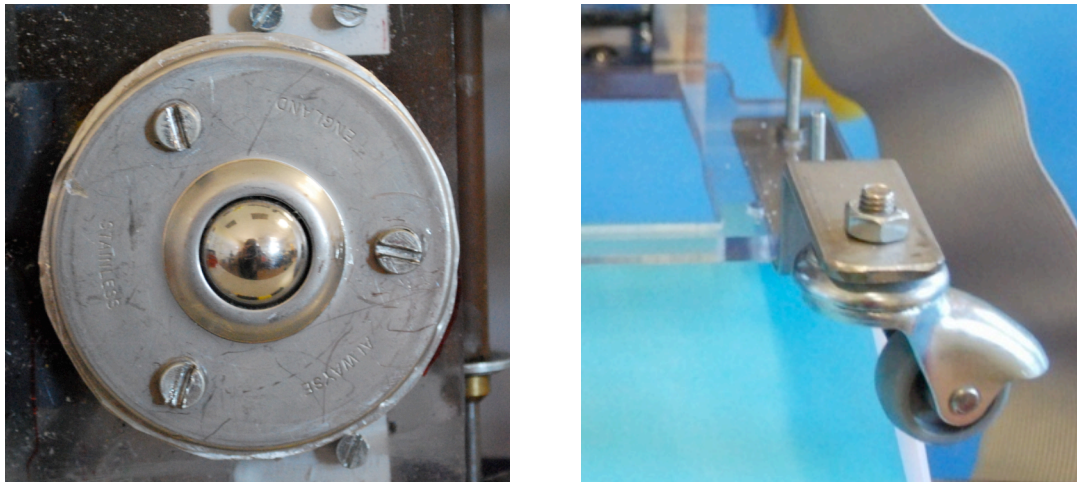
Para dichas ruedas se diseñaron unos casquillos de aluminio como nexo de unión entre los motores y las mismas.



*Figura 5.3. Rueda y casquillo*

- Ruedas locas

Con el fin de mantener un equilibrio y evitar el rozamiento de la base con el suelo se han instalado tres ruedas locas. Una situada en el centro de la base, y dos en los extremos delanteros del robot. Estas ultimas están fijadas a la base mediante una pieza de acero para, así, asegurar una sujeción segura.



*Figura 5.4: Ruedas locas.*

### 5.3 MOTORES

El motor escogido para utilizar en el robot es un motor de corriente continua Bernio, modelo MR 625 30 Q con reductora 1/16. Esta combinación de motor mas reductora nos ofrece unas características de par y velocidad aceptables para la realización del robot con un consumo de energía aceptable.



*Figura 5.5: Motor Bernio*

Como en todo los motores de corriente continua, la dirección de giro se controla mediante la polaridad de sus terminales, de manera que si invertimos esta el sentido de giro también se invierte.



La velocidad de este tipo de motores viene dado por el nivel de tension aplicado.  
Es decir, cuanto mayor sea la tension, más rapido girará el motor.

---

## CAPÍTULO 6

# SISTEMA SENSORIAL

---

Desde los comienzos de la robótica, los robots han ido evolucionando en su nivel de complejidad. Esta evolución en la construcción de los robots es consecuencia directa de la necesidad cada vez mayor de adaptar uno de estos mecanismos a la realización de diversas tareas, siendo éstas cada vez más complejas. De esta forma, los robots han pasado de realizar tareas sencillas y repetitivas a tareas más difíciles donde los procesos no pueden ser repetitivos puesto que dependen de variaciones externas que hay que tener en cuenta.

En este capítulo se explica el sistema sensorial del robot, de la forma en que se hace un robot lo más autónomo posible.

### 6.1 SENSORES DE ALCANCE

Para permitir la interacción del robot con su entorno se le ha dotado un sistema sensorial, con el fin de lograr la detección de obstáculos, como las paredes u otro robot; la localización de las fichas para construir los templos o la detección de las diferentes áreas de construcción.

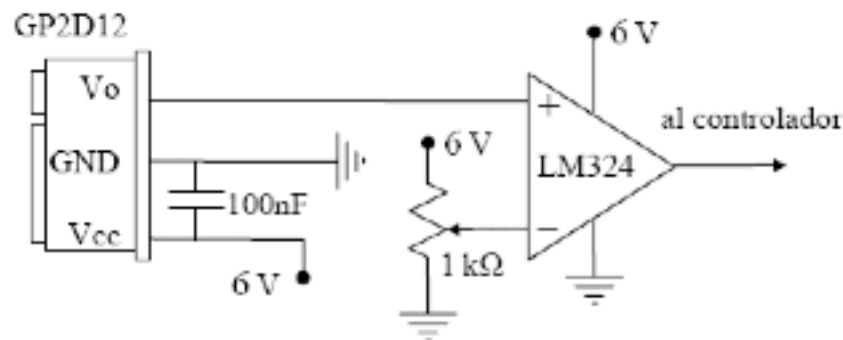
Para la implementación de este sistema sensorial se han elegido sensores ópticos medidores de distancia. Los sensores utilizados son los sensores GP2D12 y GP2D120 de SHARP. Esta familia es una de las mas utilizadas tanto en la robótica móvil como en investigación debido principalmente a su facilidad de integración y su bajo coste.

La detección de un objeto (ya sea pared, rival, ficha o área de construcción) se realizará comunicando un “1” lógico al microcontrolador encargado del control de los motores, el cual se encargará de activar una rutina acorde con el sensor activado. Si no se detectara nada se enviaría un “0” lógico, continuando el robot su rutina de movimiento normal.

Para convertir la señal analógica proporcionada por el sensor GP2D12 (o GP2D120, según sea el caso) a una señal digital se hará pasar la salida del sensor por un amplificador operacional LM324 configurado como comparador. Este amplificador operacional se encargará de comparar la señal de tensión emitida por el sensor con una tensión fijada mediante un potenciómetro, colocado a modo de divisor de tensión en la pata negativa del amplificador, de forma que si la tensión suministrada por el sensor es mayor a la dispuesta a través del potenciómetro se detectará un objeto.

De esta manera, al modificar el valor del potenciómetro, podremos variar el rango de detección a partir del cual el microcontrolador activaría la rutina de evasión, quedando dicho rango de detección desde 10 cm hasta la distancia deseada introducida a través del potenciómetro.

Por último, para estabilizar la tensión de alimentación del dispositivo, se conectará un condensador de 100 nF o más entre VCC y GND lo más cerca posible del GP2D12 o GP2D120.

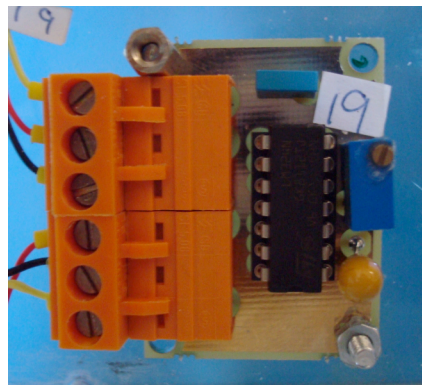


*Figura 6.1: Esquema de conexiones del sensor GP2D12*

Se han realizado dos tipos de PCB: una individual en la que solo se puede conectar un sensor y otra en la que se pueden conectar cuatro.

- PCB individual

Esta placa dispone del circuito de acondicionamiento para un sensor.



*Figura 6.2: Placa de acondicionamiento de sensor simple*

- PCB 4 sensores

Lo ideal hubiese sido hacer todas las PCB individuales puesto que su reducido tamaño permite acoplarlas en casi cualquier parte del robot. Sin embargo, algunas placas no cabían y se decidió realizar una PCB con cuatro circuitos como el de la figura, pero omitiendo el condensador pues este quedaría lejos del sensor y no reduciría el ruido. El condensador se soldó directamente a los pines del sensor.

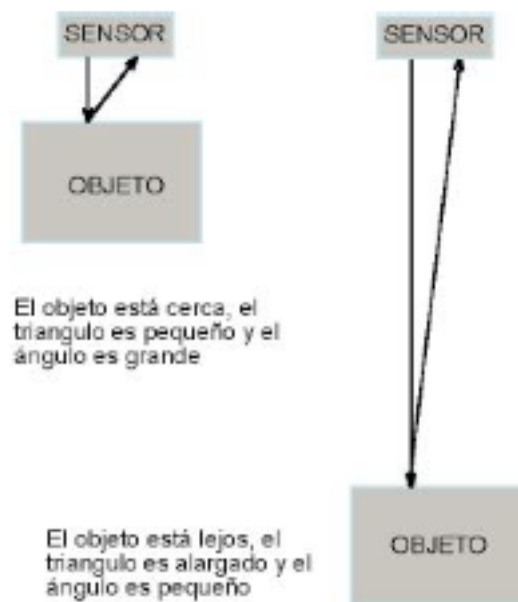




*Figura 6.3: Placa de acondicionamiento de sensor múltiple.*

#### 6.1.1. Sensor GP2D12

El sensor GP2D12 se basa en el principio de triangulación para realizar las medidas.



*Figura 6.4: Método de triangulación de los sensores infrarrojos*



El elemento a la izquierda del sensor según vemos la figura 6.3. es un led infrarrojo que emite un haz que será rebotado por el objeto y posteriormente recogido por el elemento situado a la derecha. Este es conocido como PSD (Position Sensing Device, en español: Dispositivo de Percepción de Posición) y puede entenderse como una lente situada sobre un array de células sensibles a la luz infrarroja. Dependiendo del ángulo de incidencia del haz rebotado en la lente, se activa una u otra célula del array lo que permite estimar la distancia a la que se encuentra el objeto. [7]



*Figura 6.5: Sensor GP2D12*

Una ventaja de este tipo de sensores es que el color del objeto a medir no afecta a la medida de distancia, ya que esta no está basada en la cantidad de luz que llega al detector, sino únicamente con el ángulo que llega.

El conexionado de los GP2D12 con un microcontrolador es sumamente sencillo requiriendo solamente una entrada del conversor analógico-digital a la que se conectará el de salida del sensor (el de la izquierda visto de frente, según la figura 6.3.). Los otros dos pines corresponden, respectivamente, con GND (0 voltios) y con Vcc (tensión de alimentación, que deberá ser aproximadamente 5 voltios). Se recomienda el uso de una tensión regulada (en este proyecto se ha utilizado un regulador LM2599) para no introducir ruido en la medida debido a que la tensión caiga por debajo de su umbral de funcionamiento. Así mismo, se ha utilizado un condensador entre Vcc y GND para reducir el ruido en la alimentación, debida a la corriente requerida por el led emisor. También podría utilizarse un condensador entre Vo y Vcc o GND (filtro paso bajo) pero se disminuiría considerablemente la dinámica del sensor.

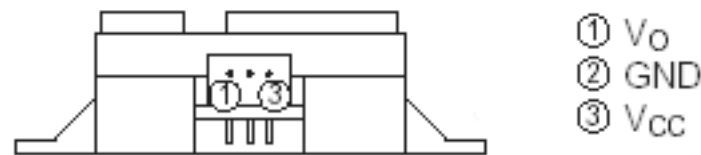


Figura 6.6: Conexión GP2D12

Los GP2D12 dan una salida analógica entre 0 y 3 voltios, dependiendo de la distancia a la que se encuentre el objeto a detectar. La salida analógica no es lineal sino, que sigue una curva como la que se muestra en la figura 6.4. En aplicaciones de robótica móvil se utiliza un convertor analógico-digital con el que se adapta esa tensión para su tratamiento digital. En este diseño se tiene la ventaja de disponer de estos convertidores incorporados en el microcontrolador, por lo que se reducen las dimensiones de la placa, así como la electrónica adicional a utilizar, disminuyendo la complejidad del diseño electrónico general.

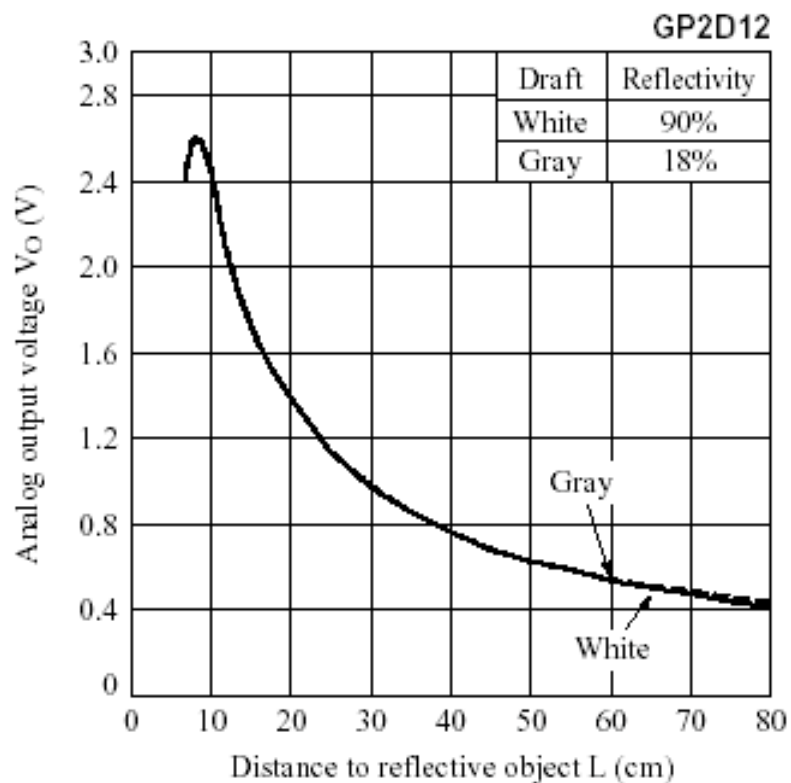


Figura 6.7: Curva de respuesta del sensor GP2D12

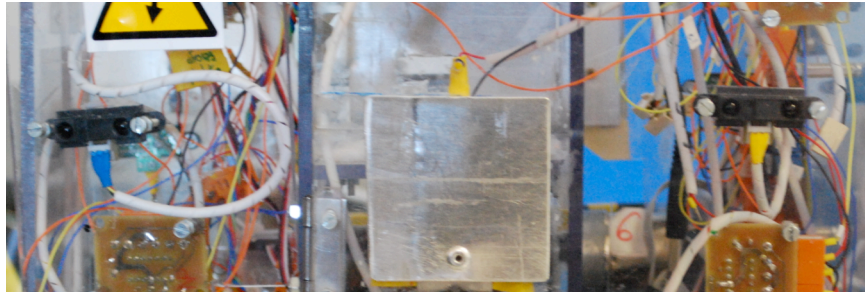
Como se puede ver en la figura 6.4., el GP2D12 mide correctamente entre 10 y 80 cm, siendo este su rango de funcionamiento. Si queremos medir un objeto que esta a menos de 10 cm la tensión de salida disminuye mas rápidamente que cuando supera este valor. Dada esta característica es bastante habitual colocar el sensor de forma que no puedan darse medidas menores a los 10 cm.

Las especificaciones del los sensores GP2D12 son las siguientes:

<b>Rango</b>	10 – 80 cm
<b>Periodo de lectura</b>	40ms
<b>Máximo ángulo de reflexión</b>	> 40°
<b>Tensión de alimentación</b>	4,5 – 5,5 V
<b>Ruido de salida</b>	200ms
<b>Consumo medio</b>	35mA
<b>Consumo de pico</b>	200mA

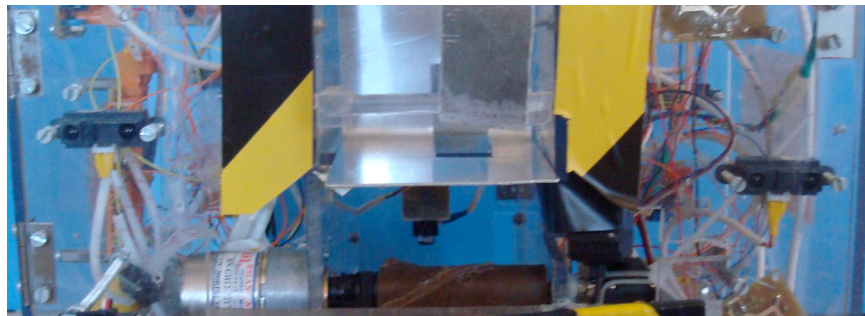
En lo referente a las interferencias que puedan aparecer en las mediad realizadas por los sensores es recomendable añadir filtros paso bajo a la salida, debido a que se trata de dispositivos muy sensibles al ruido, por lo que es necesario restringir su frecuencia de trabajo. Cuanto más cerca de los sensores se encuentren estos filtros, mayor será su efecto, lo que hará que el ruido disminuya notablemente.

**Sensores delanteros de detección de contrario:** El robot dispone de dos GP2D12 en su cara delantera, a 15 cm del suelo, para detectar la presencia de un contrario y no colisionar.



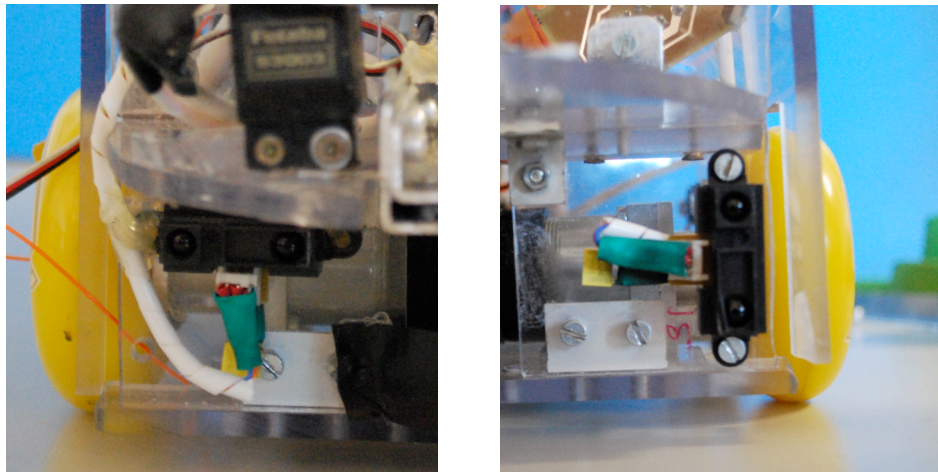
*Figura 6.8: Sensores delanteros de detección del contrario.*

**Sensores traseros de detección de contrario:** Al igual que en la parte delantera, el robot dispone de dos GP2D12 en su parte trasera para detectar la presencia de un contrario y no chocarse.



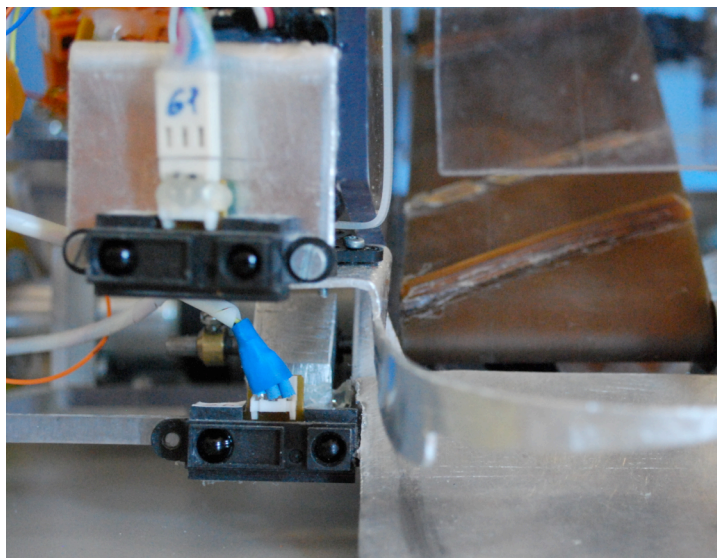
*Figura 6.9: Sensores traseros de detección al contrario.*

**Sensores buscadores del centro:** El robot dispone de dos sensores en la parte trasera, los cuales tienen una rutina de actuación para buscar el área de construcción central una vez recogidas las piezas.



*Figura 6.10: Sensores buscadores de centro*

**Sensores detectores de fichas:** En la parte delantera izquierda se encuentran dos sensores GP2D12, uno a 1,5 cm del suelo y el otro a 4,5 cm del suelo. De esta forma, si el sensor inferior detecta algo y el superior no, significa que hay ficha y va a por ella; si por el contrario ambos detectan algo, significa que lo que esta viendo la pared y por tanto, sigue buscando.

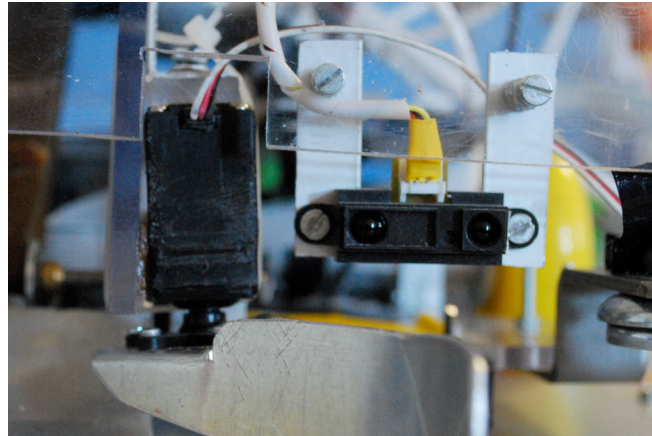


*Figura 6.11: Sensores detectores de fichas.*

**Sensor detector de pared frontal:** Se dispone de un sensor en la parte delantera, en la esquina inferior derecha para detectar la pared opuesta al lugar de salida. Como se

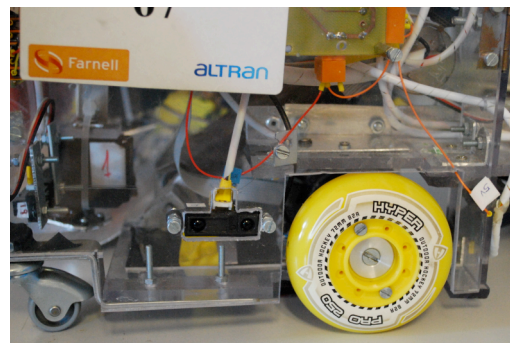
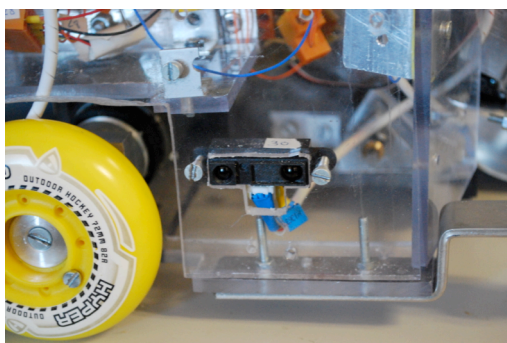


ha comentado anteriormente, la estrategia seguida requiere ir hasta el otro lado del tablero. Cuando este sensor se activa, quiere decir que estamos a la distancia adecuada para hacer un giro de 90° e ir a por el dispensador vertical fijo.



*Figura 6.12: Sensor detector de pared frontal.*

**Sensores de paredes laterales:** Se dispone de dos sensores, uno en cada cara lateral para detectar las paredes e ir lo mas recto posible. Estos sensores funcionan de la siguiente manera: Cuando el robot tiene que ir de un lado a otro del tablero, este se coloca en paralelo a la pared y empieza a andar. Si el sensor esta activo, el robot se desvía ligeramente hacia el interior del campo hasta que se desactiva; es entonces cuando empieza a girar hacia la pared hasta que el sensor se vuelve a activar. De esta forma se consigue que el robot avance prácticamente en línea recta ya que al no ser perfectamente simétrico, se podría desviar y perderse por el campo.



*Figura 6.13: Sensores de paredes laterales.*

### 6.1.2. Sensor GP2D120

El Sharp GP2D120 es un sensor medidor de distancias por infrarrojos que indica mediante una salida analógica la distancia medida. Este sensor, es una versión modificada del GP2D12, por lo que eléctricamente es igual y lo único que varía es el rango de trabajo, gracias al empleo de un lente especial. La tensión de salida varía de forma no lineal cuando se detecta un objeto en una distancia entre 4 y 30 cm. [6]

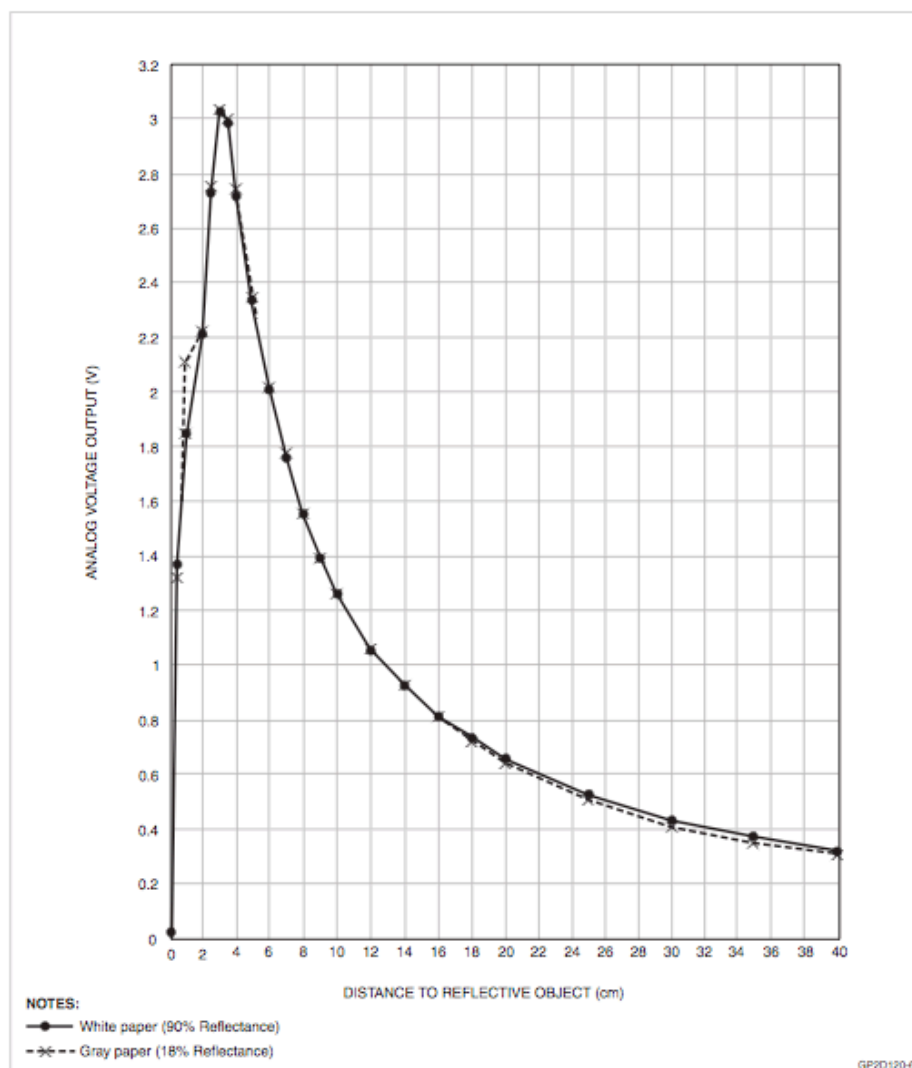


Figura 6.14: Curva de respuesta del sensor GP2D120

La salida está disponible de forma continua y su valor es actualizado cada 32 ms aproximadamente. Normalmente se conecta esta salida a la entrada de un convertidor analógico digital el cual convierte la distancia en un número que puede ser usado por el microprocesador. La salida también puede ser usada directamente en un circuito analógico. Hay que tener en cuenta que la salida no es lineal. El sensor utiliza solo una línea de salida para comunicarse con el procesador principal.

Las especificaciones de los sensores GP2D120 son las siguientes:

<b>Rango</b>	4 – 30 cm
<b>Periodo de lectura</b>	32ms
<b>Tensión de alimentación</b>	4,5 – 5,5 V
<b>Consumo medio</b>	33mA
<b>Consumo de pico</b>	50mA

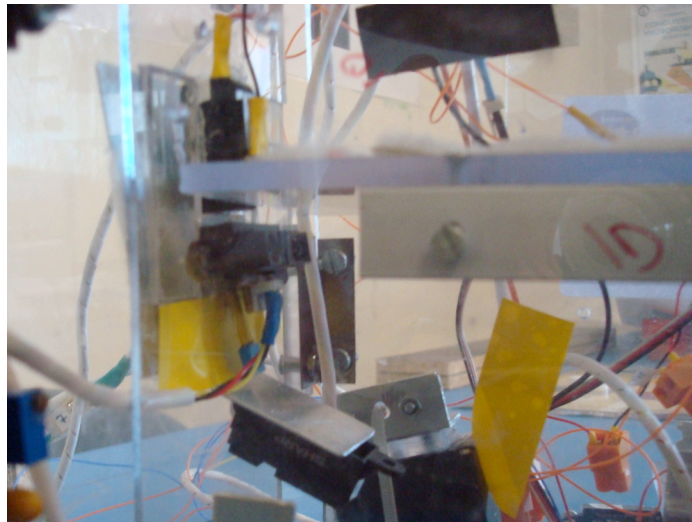
**Sensores de detección de construcciones:** Se dispone de dos sensores GP2D120 colocados en la barrera de seguridad para detectar si ya ha construcciones donde queremos colocar la nuestra.



*Figura 6.15: Sensor de detección de construcciones.*

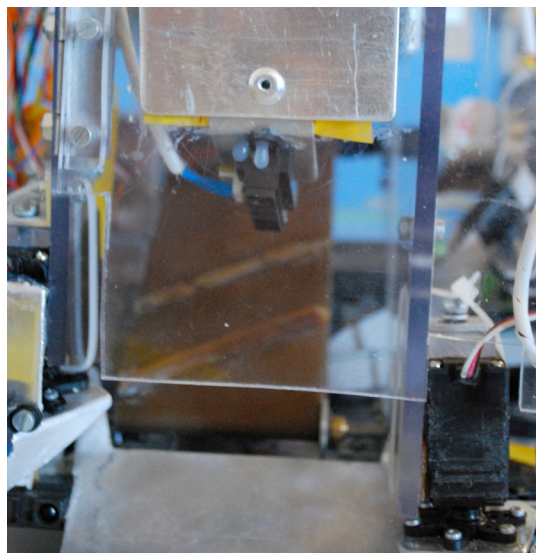
**Sensor contador de fichas:** Se ha colocado un sensor GP2D120 en la parte interior, en el hueco de la rampa, en la parte superior de la cara delantera apuntando a la cara trasera, para de esta forma, ir contando las fichas que van subiendo y avisar al sistema de control para que ponga en funcionamiento las palas.





*Figura 6.16: Sensor contador de fichas.*

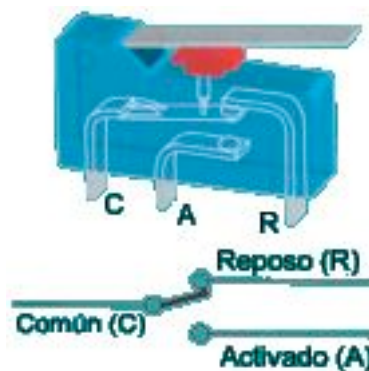
**Sensor detector de fichas:** Se dispone de un sensor GP2D120 justo debajo del anterior, pero inclinado hacia fuera del robot, para que de esta forma, cuando detecte una de las piezas que esta encima del tablero de juego, se pare y la recoja.



*Figura 6.17: Sensor detector de fichas.*

## 6.2 SENSORES FIN DE CARRERA

Dentro de los componentes electrónicos, se encuentra el final de carrera o sensor de contacto (también conocido como "interruptor de límite") o limit switch, son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA o NO en inglés), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen en mercado.



*Figura 6.18: Bumper*

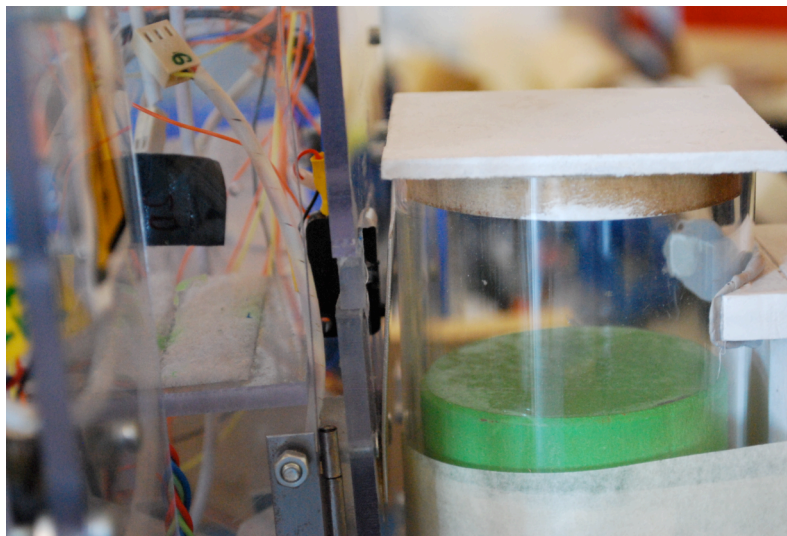
Generalmente estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. Su uso es muy diverso, empleándose, en general, en todas las máquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija, es decir, aquellas que realicen una carrera o recorrido fijo, como por ejemplo ascensores, montacargas, robots, etc. [11]

Los finales de carrera están fabricados en diferentes materiales tales como metal, plástico o fibra de vidrio.

De los tres contactos que posee el sensor hemos utilizado el común (conectado a un pin de un puerto de entrada del microcontrolador) y el normalmente abierto

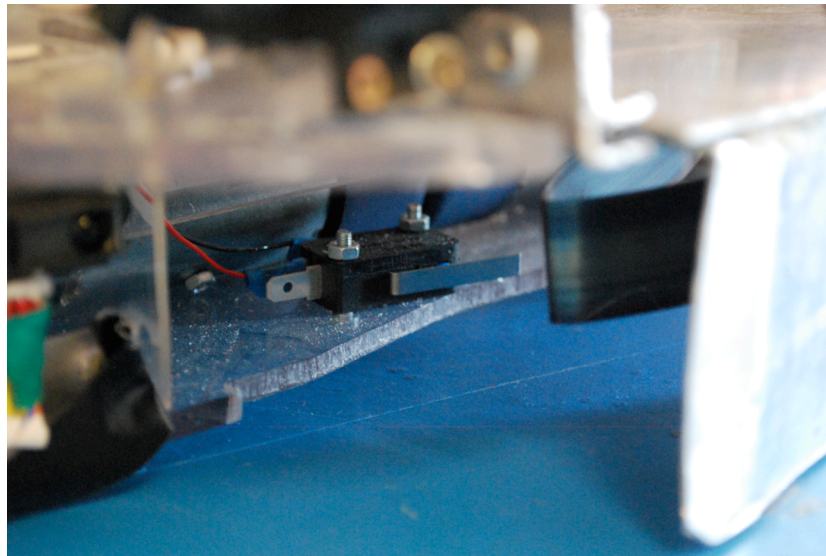
(conectado a 5V). Se ha hecho de esta forma puesto que así el sensor no enviara señal alguna hasta que este se active.

**Sensor de contacto con el dispensador vertical:** se encuentra situado centrado en la parte delantera de modo que se activa únicamente cuando el microrobot se encuentra situado en la posición de recogida de muestras. Indica al sistema de control que se puede iniciar la carga de piezas.



*Figura 6.19: Sensor detector de dispensador.*

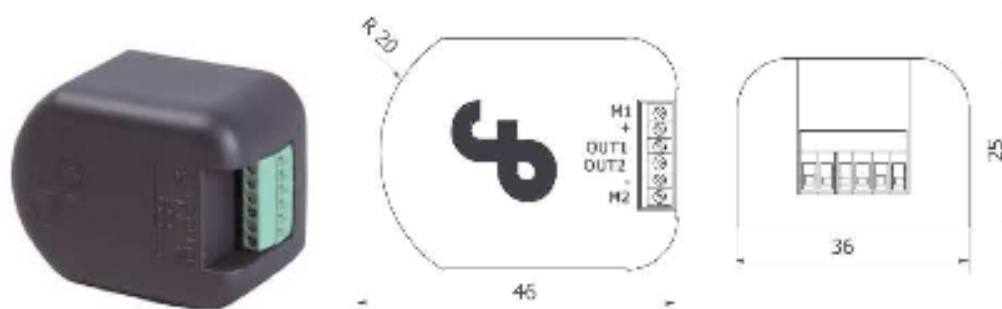
**Sensor de contacto de la bandeja de construcción:** se encuentra situado en la base, en su parte trasera de modo que se activa cuando la bandeja se ha desplazado totalmente por sus raíles y por consecuencia ha depositado las piezas en el área de construcción. Indica al sistema de control que puede retirarse e ir a por nuevas piezas



*Figura 6.20: Sensor detector de la bandeja de construcción.*

### 6.3 ENCODER

Los encoders son una herramienta para controlar los movimientos del robot, ya que ellos serán los encargados de vigilar la velocidad de giro así como la distancia recorrida por las ruedas. Estos sensores ópticos se encuentran situados en el eje del motor, de forma que al girar generarán una serie de pulsos, comunicando esta información al microcontrolador encargado del control de los motores.



*Figura 6.21: Encoder Bernio EB50.*

El modelo elegido para nuestro robot es el EB50 proporcionado por la marca Bernio. Este dispositivo se adquirió junto a los motores de forma que ambos se compraron ensamblados en fábrica.

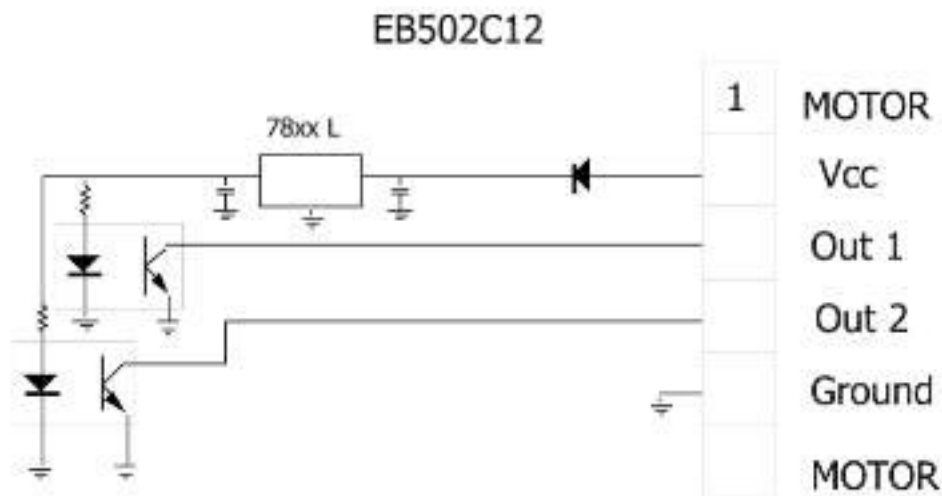


Figura 6.22: Esquema eléctrico del encoder Bernio EB50.

Estudiando las hojas de características proporcionadas por el fabricante observamos que este modelo puede funcionar tanto en modo unidireccional como en modo bidireccional, proporcionando 50 y 25 pulsos por vuelta respectivamente. El rango de alimentación estará comprendido entre 6 y 24 Vcc y será necesario situar una resistencia de pull-up entre la alimentación y la salida para obtener un adecuado acondicionamiento de la señal de salida del encoder.

Para nuestro caso se optó por utilizar el modo bidireccional alimentándolo a 6 Vcc, por lo que cada canal de salida proporciona 25 pulsos por vuelta. Habrá que tener en cuenta que, al estar dotado el motor de una reductora, el número de pulsos proporcionados por el encoder en una vuelta aumentará en el mismo orden, por lo tanto la reductora 1/16 del motor los incrementará hasta un valor de 400 pulsos por vuelta. [3]

El resultado que se obtiene indica la gran precisión que se consigue al controlar robots con este tipo de sensores. El único problema que puede encontrarse es la pérdida de información debida al deslizamiento de las ruedas sobre el terreno de juego en el caso de trabarse el robot con algún obstáculo situado sobre el mismo. [4]

#### 6.4. RATONES ÓPTICOS

El robot dispone de dos ratones ópticos situados en la base del mismo, a ras del suelo.

Los ratones utilizados son dos ratones ópticos Trust MI-2520p. Como solo se necesitaba el circuito, se desechó la carcasa, los botones y la rueda. De esta forma también se reduce de manera considerable el tamaño de los ratones. Se realizó una carcasa rectangular de 8x5x2 cm con un agujero para el LED en la base y fieltro en su cara exterior para reducir al máximo el rozamiento.

Los ratones disponen de una salida USB, lo que no ha supuesto ningún problema puesto que la palca base dispone de dos entradas de este tipo.

De esta forma, por programación se divide el tablero en cuadrantes y el robot sabe donde esta situado en cada momento.



*Figura 6.23: Ratón Optico adaptado para el microrobot.*



---

## CAPÍTULO 7

# CONCLUSIONES Y MEJORAS

---

### 7.1. CONCLUSIONES

El objetivo principal de este proyecto era la construcción de un robot totalmente autónomo para la participación en el concurso Eurobot 2009. Para ello se buscó a la hora de diseñar y construir una solución sencilla a la vez que eficaz, basado en un sistema de recogida de piezas fiable, además de coger todas las fichas posibles por normativa, es decir, cuatro.

Con los ratones ópticos solo se pudo averiguar la posición del robot en un determinado cuadrante del tablero, no el punto exacto como era la intención en un principio. Se consiguió una resolución de 6 x 4, es decir, se sabía que el robot estaba en un área de 50 cm<sup>2</sup>.

Los sensores GP2D12 y GP2D120 tienen ciertos problemas a la hora de trabajar con focos de mucha intensidad: confunden la señal que les llega y se pueden llegar a activar, por lo que el robot recibe señales erróneas. En el Hispabot, se tuvo problemas al homologar por esta misma causa.

Se consiguió pasar satisfactoriamente la competición de Hispabot celebrada en la Universidad de Alcalá de Henares, en Madrid. De esta forma se obtuvo la clasificación directa al campeonato europeo en La Ferté-Bernard (Francia).

## **7.2. MEJORAS**

Después de realizar el proyecto y habiendo participado en los concursos de Hispabot y Eurobot se pueden sacar ciertas mejoras para perfeccionar el microrobot.

Se podría diseñar un sistema de visión artificial capaz de distinguir entre rojo y verde para de esta forma, en caso de coger por error una ficha del equipo contrario, se podría desechar.

También podría implementarse un sistema capaz de elevar las piezas a más altura, y de esta forma construir templos más altos. Dicho sistema podría consistir en unas pinzas neumáticas regulables, o una bandeja como la utilizada en este proyecto, pero móvil también en el eje vertical mediante unos tornillos sin fin. Además, se podría construir un sistema capaz de coger dinteles del tablero de juego para construir templos más complejos.

La resolución de los ratones sería otro punto a mejorar, puesto que la resolución obtenida puede dar lugar a equívocos.



## CAPÍTULO 8

# PRESUPUESTO

En este capítulo se detallan los costes derivados del diseño y construcción del microrobot “Iron Paco”. Se incluyen tanto los gastos originados por la compra de materiales como la mano de obra necesaria para la ejecución del proyecto. Todas las cantidades están expresadas en euros.

Los precios unitarios del material que aparecen en los siguientes apartados son orientativos y se pueden ver modificados en función del modo de compra, lugar de compra, y número de unidades compradas.

### 8.1. COSTES DE MATERIAL

- Estructura

Concepto	Unidades	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Lamina de policarbonato estruido, transparente, de 5mm de espesor	m <sup>2</sup>	2	85,60	171,20
Ángulo de aluminio de 3mm de espesor (250mm x 250mm)	m	1	5,10	5,10
Bisagra de aluminio de 1 y 3/4"	ud.	7	0,18	1,26
Material de ferretería	varios	1	30,00	30,00
<b>TOTAL ESTRUCTURA</b>				<b>207,56</b>

- Sistema de manipulación y construcción

Concepto	Unidades	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Servomotor Futaba S-3003 Standard	ud.	6	10,79	64,74
Motor reductor de corriente continua 12V 200 r.p.m.	ud.	1	29,46	29,46
Plancha de aluminio de 1,5mm de espesor	m <sup>2</sup>	2	80,25	160,50
Cinta de caucho (70mm x 2mm)	m	2	9,30	18,60
Ángulo de aluminio de 1,5mm de espesor (200mm x 200mm)	m	2	4,30	8,60
Fleje (20mm x 330mm)	ud.	1	1,20	1,20
Eje torneado	ud.	1	51,30	51,30
Varilla de acero de 5mm de diámetro	m	1	4,00	4,00
Varilla roscada de aluminio de 4mm	m	1	5,30	5,30
Estructura de apoyo de aluminio	ud.	2	27,80	55,60
<b>TOTAL MANIPULACIÓN Y CONSTRUCCIÓN</b>				<b>399,30</b>

- Sistema electrónico y de control

Concepto	Unidades	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Placas de circuito de impreso (microcontrolador y drivers)	ud.	2	150,00	300,00
Placas de circuito de impreso (Potencia y Acondicionamiento de señal múltiple)	ud.	4	70,00	280,00
Placas de circuito de impreso (Acondicionamiento de señal simple)	ud.	9	30,00	270,00



<b>Batería Yuasa NPH5-12 de 12V y 5Ah</b>	ud.	2	31,58	63,16
<b>Placa base modelo "TS-7350" con procesador "CIRRUS EP 9302"</b>	ud.	1	215,13	215,13
<b>Microcontrolador 5082</b>	ud.	2	18,30	36,60
<b>Bobina de conexionado varios (0,25mm 10mtr)</b>	ud.	3	1,32	3,96
<b>Bobinas cable alimentación 0,5 mm (10mtr)</b>	ud.	2	1,40	2,80
<b>Sensor de infrarrojos GP2D12</b>	ud.	14	14,56	203,84
<b>Sensor de infrarrojos GP2D120</b>	ud.	6	18,68	112,08
<b>Sensor de final de carrera (Bumper)</b>	ud.	2	1,30	2,60
<b>Ratón óptico Trust</b>	ud.	2	12,70	25,40
<b>Pulsador de parada de emergencia</b>	ud.	1	19,48	19,48
<b>Protector helicoidal para cables</b>	m	10	0,57	5,70
<b>Componentes electrónicos</b>	varios	1	48,40	48,40
<b>TOTAL ELECTRÓNICA Y CONTROL</b>				<b>1589,15</b>

- Sistema locomotor

Concepto	Unidades	Cantidad	Precio unitario	Precio total
<b>Motores con reductora y encoders incorporados</b>	ud.	2,00	178,00	356,00
<b>Pack 4 ruedas</b>	ud.	1,00	25,00	25,00
<b>Rueda loca central</b>	ud.	1,00	4,70	4,70
<b>Rueda loca delantera con soporte de acero incluido</b>	ud.	2,00	38,20	76,40
<b>Casquillos</b>	ud.	2,00	30,30	60,60
<b>TOTAL LOCOMOTOR</b>				<b>522,70</b>

- Campo de pruebas

Concepto	Unidades	Cantidad	Precio unitario	Precio total
<b>Tablero de DM</b>	ud.	1	550,00	550,00
<b>Listones de madera</b>	ud.	10	2,35	23,50
<b>Material de ferretería</b>	varios	1	25,50	25,50
<b>Pintura azul</b>	ud.	1	11,00	11,00
<b>Lámina de plexiglás transparente de 3mm de espesor</b>	m <sup>2</sup>	2	15,00	30,00
			<b>TOTAL CAMPO</b>	<b>640,00</b>

## 8.2. COSTE DE PERSONAL

Los costes de personal se han calculado en función de los sueldos base para ingenieros técnicos y la cuantía de las becas para ingeniero técnico. La duración se ha estimado en 7 meses, tiempo que engloba el diseño, la construcción y la redacción del presente proyecto. Los cargos sobre los salarios brutos son de un 7% en concepto de Seguridad Social y un 22% en concepto de I.R.P.F.

Concepto	Sueldo mensual	Meses	Total
<b>Ingeniero Técnico Industrial</b>	1500	7	10500
<b>Ayudante</b>	500	7	3500
<b>Total antes de impuestos</b>			14000
<b>Impuestos</b>			4060
			<b>TOTAL 18060</b>

### 8.3. PRESUPUESTO FINAL

El importe total de desarrollo del proyecto asciende a una cantidad de:

Concepto	Total
Costes de material	3358,71
Costes de personal	18060,00
<b>TOTAL</b>	<b>21418,71</b>

VEINTIÚN MIL CUATROCIENTOS DIECIOCHO EUROS CON SETENTA Y UN  
CÉNTIMOS DE EURO.

---

## CAPÍTULO 9

# BIBLIOGRAFÍA

---

### 9.1. RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS

[1] *DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN MICROROBOT EUROBOT 2007*. Laura París Bernabé. PFC Universidad Carlos III de Madrid

[2] *DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y ACCIONAMIENTO DE RECOGIDA DE MUESTRAS DE UN MICROROBOT EUROBOT 2008*. José Luís Martín Gómez. PFC Universidad Carlos III de Madrid.

[3] *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MICROROBOT (EUROBOT08)*. Pablo Escribano García. PFC Universidad Carlos III de Madrid.

[4] *DISEÑO ELECTRÓNICO DE UN MICROROBOT “EUROBOT 2008”*. José Ignacio Albillo Arribas. PFC Universidad Carlos III de Madrid.

[5] *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MICROROBOT: SISTEMA SENSORIAL Y COMUNICACIONES*. Laura de la Cruz Redondo. PFC Universidad Carlos III de Madrid.

[6] *BREVE ESTUDIO DE LA ROBOTICA*. Guillermo Mancheno. Universidad Internacional del Ecuador.

## 9.2. RECURSOS ELECTRÓNICOS

[7] <http://www.superrobotica.com/S320104.htm>

[8] <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Otros/Infrarrojos/MedidaDistancias.htm>

[9] <http://alcabot.org/eurobot/eurobot.html>

[10] <http://www.rae.es>

[11] [http://es.wikipedia.org/wiki/Jacques\\_de\\_Vaucanson](http://es.wikipedia.org/wiki/Jacques_de_Vaucanson)

[12] [http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_final\\_de\\_carrera](http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_final_de_carrera)

[13] [http://es.wikipedia.org/wiki/Bateria\\_electrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Bateria_electrica)

[14] <http://www.matrix666.net/robot.htm>

[15] [http://es.wikipedia.org/wiki/Aut%C3%B3mata\\_%28mec%C3%A1nico%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Aut%C3%B3mata_%28mec%C3%A1nico%29)

[16] <http://www.realrobotics.com/spot/asifue/asi2004.html>

[17] <http://es.engadget.com/tag/exoesqueleto/>

[18] <http://es.wikipedia.org/wiki/Robot>

[19] <http://www.uco.es/~i02alruj/Microrobotica.htm>



[20] <http://www.eurobot.org/eng/>

[21] <http://www.monografias.com/trabajos6/larobo/larobo.shtml>

[22] [http://automata.cps.unizar.es/Historia/Webs/automatas\\_en\\_la\\_historia.htm](http://automata.cps.unizar.es/Historia/Webs/automatas_en_la_historia.htm)

[23] <http://www.bernio.it>

[24] <http://www.futba-rc.com>





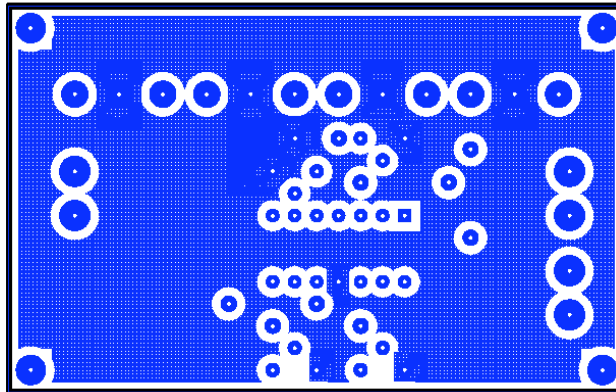
---

## ANEXOS

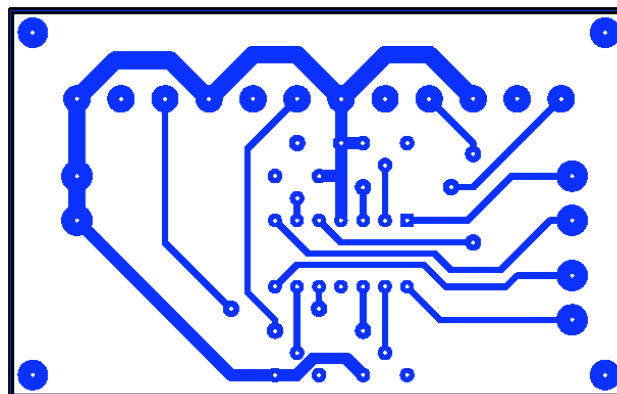
---

- DISEÑO LAYOUT DE LA PLACA DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL MULTIPLE
- DISEÑO LAYOUT DE LA PLACA DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL SIMPLE
- DIAGRAMAS DE ESTADO
- PÓSTER LSI – UC3M – 2009

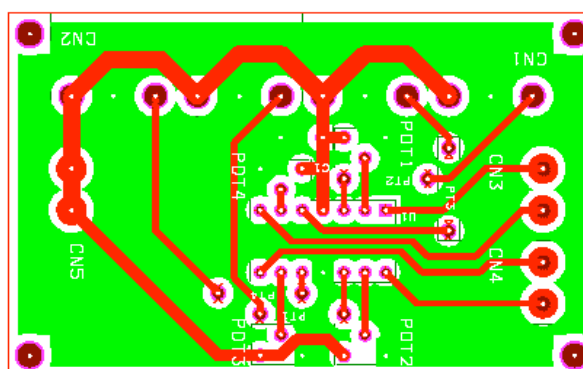
## DISEÑO LAYOUT DE LA PLACA DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL MULTIPLE



*Fotolito de la capa top*

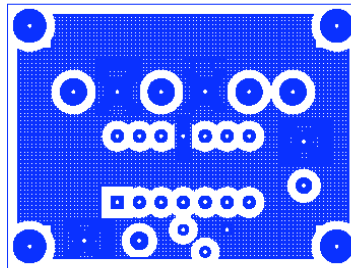


*Fotolito de la capa bottom*

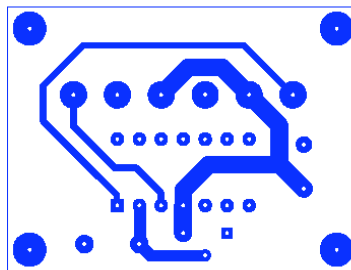


*Placa rutada*

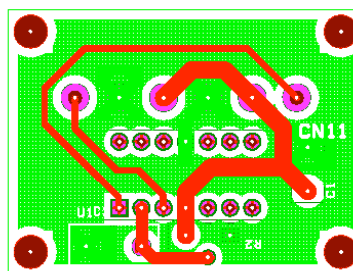
## DISEÑO LAYOUT DE LA PLACA DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL MULTIPLE



*Fotolito de la capa top*

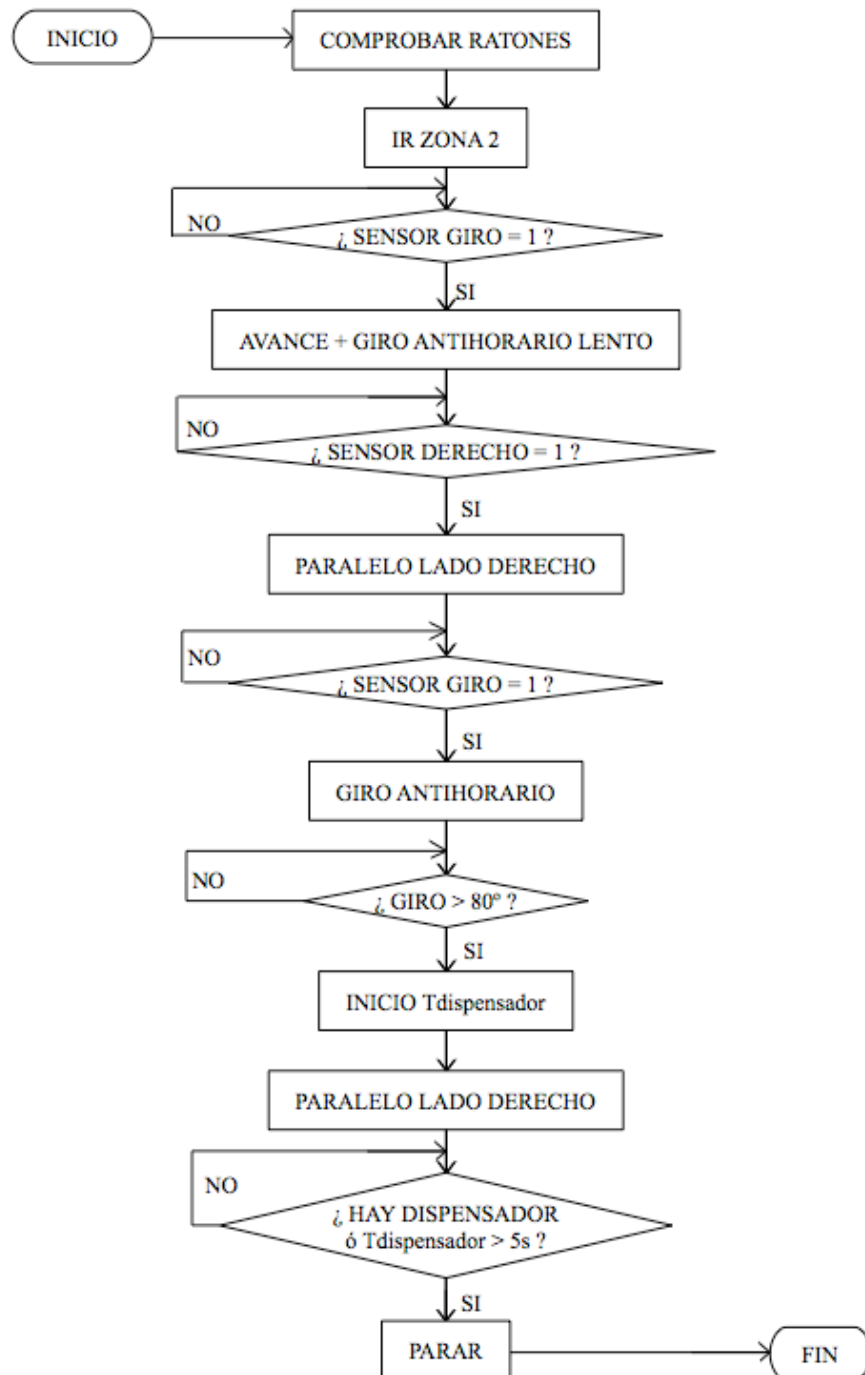


*Fotolito de la capa bottom*



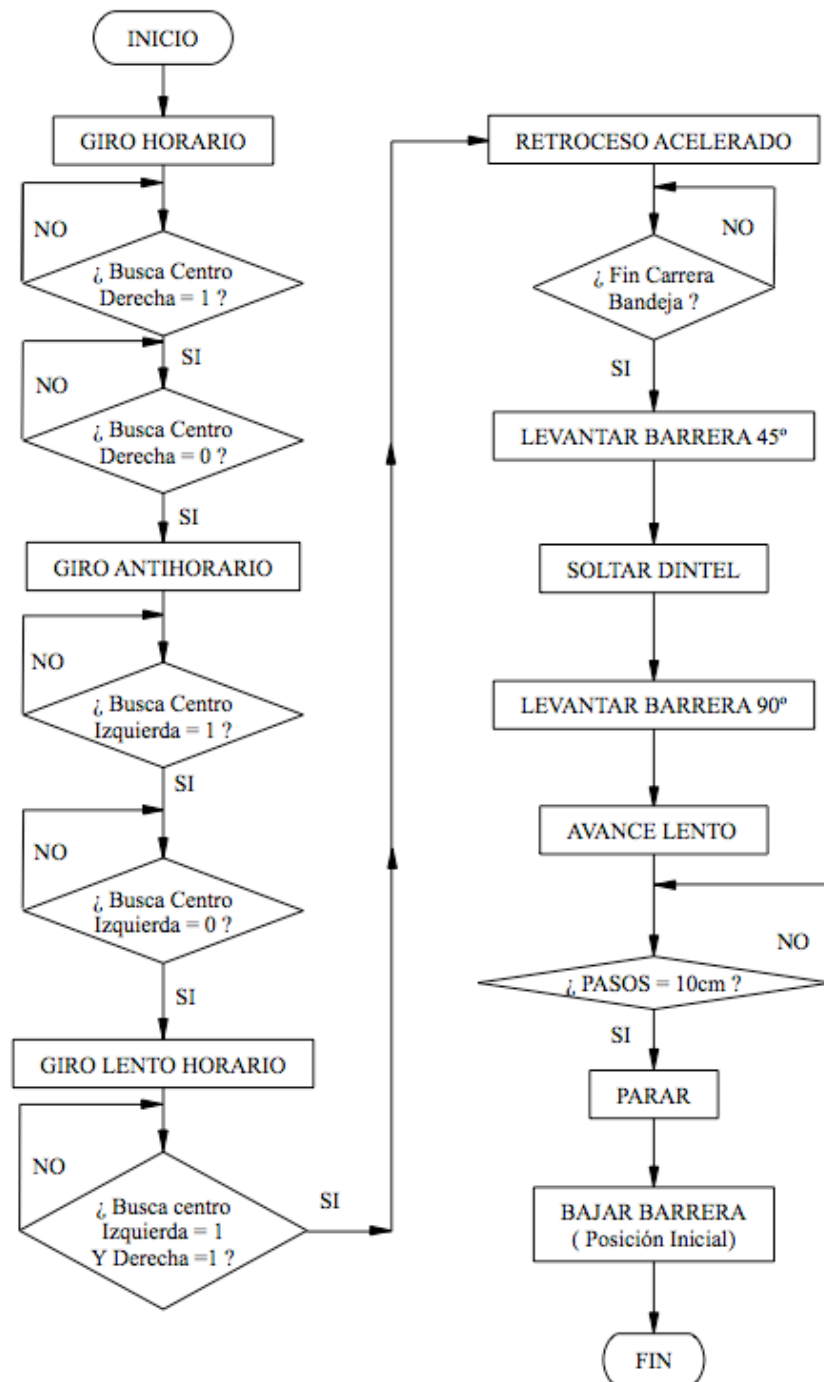
*Placa rutada*

## IR DISPENSADOR ROJO

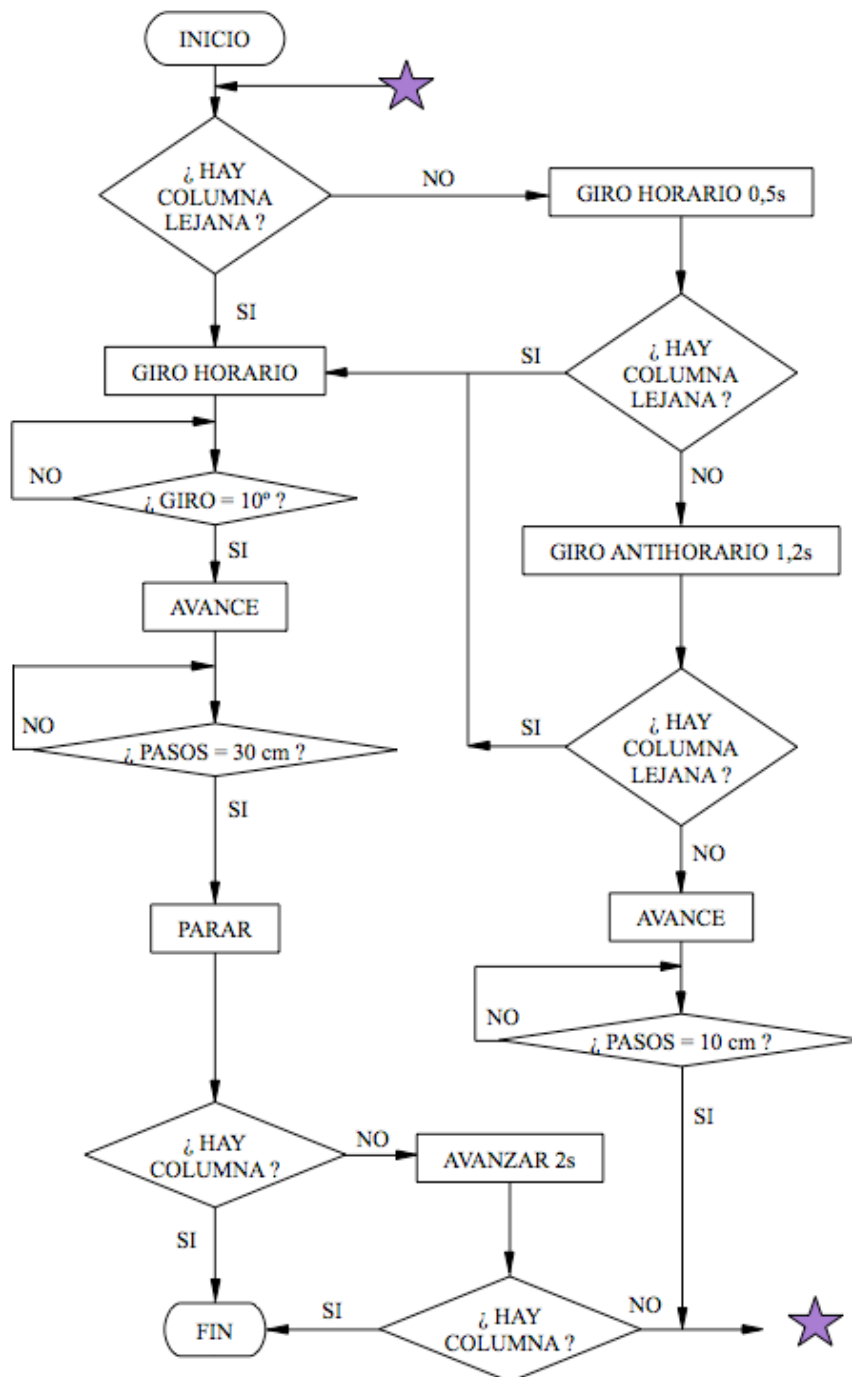


*En caso de ser equipo verde, se usa por programación una función simétrica*

### *BUSCA CENTRO*



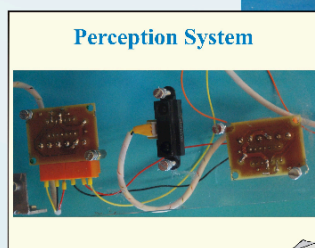
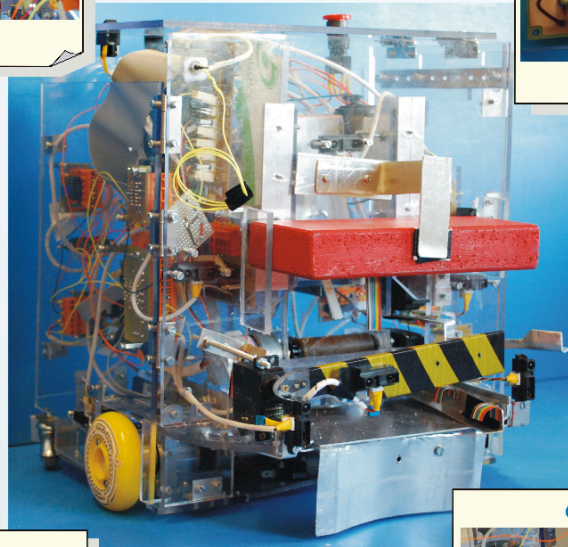
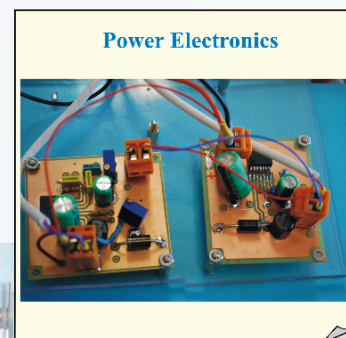
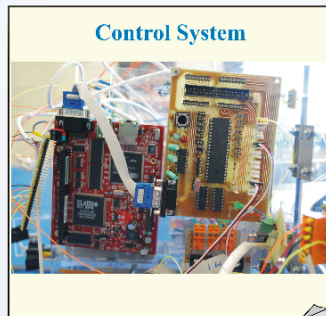
## BUSCA FICHAS



# LSI-UC3M

Eurobot 2009

## Iron-Paco



### Team Members

Laura Navio  
Victoria de las Heras  
Diego Cantelar  
Alberto López  
Estrella García  
David Álvarez  
Erick Arranz

